

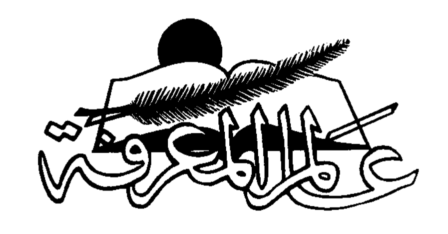
168

بنية الثورات العلمية

تأليف: توماس كون

ترجمة: شوقي جلال

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

بنية الثورات العلمية

تأليف: توماس كون
ترجمة: شوقي جلال

١٦٨ ـ جمادى الآخر ١٤١٣ هـ ، ديسمبر/ كانون أول ١٩٩٢ م

المراسلات:
توجه باسم السيد الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
فاكس: ٤٨٧٣٦٩٤ ص.ب ٢٣٩٩٦ - الصفاة / الكويت 13100

العنوان الأصلي للكتاب :

The Structure Of Scientific
Revolutions
Thomas S. Khun
The University Of Chicago Press
U.S.A.

المحتـــــوى

رقم
الصفحة

مقـــدمـــة

فلسفة العلم بدون تاريخ العلم خواء

وتاريخ العلم بدون فلسفة العلم عماء

«كـانـط»

القـرن العشرون الذي يـوشك أن يأفل، هو بمعنـى من المعاني، الـوجه المقـابل للقرن التـاسع عشر، على نحو يـؤذن بعالم جـديد تماما في فكـر وفلسفة إنسـان القرن الحادي والعشرين. كان القرن التاسـع عشر قرن العقل واليقين؛ أما القرن العشرون فهـو قـرن الشك والاحتمال. وكـان القـرن التـــاسع عشر قـرن الإيمان بـالنظـريـات والمذاهب، بل وواحـدية النظـرية أو المذهب، أمـا القرن العشرون فهـو قرن التمـرد والثورة التعددية. وكان القرن التـاسع عشر قرن الثقة في الاستقرار وانتصار الإنسان؛ أمـا القرن العشرون فهـو قرن الأزمـات والصدمـات. وكان القـرن التاسع عشر قـرن الذات ـ الجوهر الفاعلة المتعاليـة على السياق والتاريخ؛ أما القرن العشرون فهو قرن الذات ـ الموضـوع رهن السياق ووليد التاريخ. بدا القرن التـاسع عشر تتويجا لفكر التنويـر، عصر العقل وتأكيد الـذات واستقلال الأنا عن الموضـوع؛ وهو مـا لخصه شعار فلسفة ديكارت، أنا أفكر لينطلق من الأنـا الديكارتي والإيمان بالوجود. ومن ثم كان القرن التـاسع عشر قرن استقلال الفكر والعقل والثقافة والحقيقـة، أما القرن العشرون فهو قرن تاريخ وسوسيولوجية الفكر والعقل والثقافة والحقيقة؛ إنه قرن البنية التي تشكل فيها الذات والموضوع نسيجا واحدا في بعدي التاريخ والمجتمع.

وأهلَّ القـرن العشرون بأزمـة عصفت بكل دعـائم الثقـة، وبكل أركـان اليقين، وبكل مبررات استقـلال الـذات أو الموضوع. وثـار العقل على نفســه في سيـاق من الأحداث الاجتماعيـة المأساويـة وبقوة دفع التطـورات والإنجازات العلميـة الطبيعية منها والإنسانية. وتغيرت مقومات الفكر بل وأسس الثقافة ذاتها.

وفي ضوء الثـورة الكاسحة التي شملت الفيـزياء الكلاسيكية وامتـدت إلى علوم طبيعية أخـرى وانعكست على الفكر الفلسفي والعلوم الاجتماعية، بـات مشروعا أن يسأل عالم مثل هيـزنبرج: ما هو محتوى الحقيقـة أو الصدق للفيزياء الكـلاسيكية أو الحديثـة؟ لقد غيرت النظـريـة النسبيـة صورة الكـون بعـد أن غيرت مفهـوم الزمـان والخصائص الهندسيـة للمكان. وأثبتت النظرية النسبية أن أساس العلـوم المضبوطة الذي كان يعتبر أمرا بدهيا يمكن أن يتغير بعد أن أحـاطت الشكوك بجوهر الفيزياء الكـلاسيكيـة. لقـد انتفى الاعتقـاد بـأن مسـار الحدث مـوضـوعي ومستقل عن المشاهد.

ولوحظ كما يقول هيزنبرج أن النظريات الحديثة لم تأت وليدة أفكار ثورية أضيفت من خارج العلـوم المضبوطـة، بل على العكس لقد شقت طـريقها عنـوة في البحوث التى كانت تحاول فى دأب إنجاز برنامج الفيزياء الكلاسيكية. أي أن هذه النظريات نبعت من داخل طبيعتهـا هي. ومن ثم بـرز السـؤال كيف حدث ويحدث التحـول الثورى من الـداخل؟ وكيف يتطور العلم في التاريخ؟ أو مـا هي الدينامية البـاطنية لحركـة العلم في التاريخ؟ ومـا معنى فهم العالم أو الطبيعـة ومعنى الحقيقة العلميـة؟ وماذا عن العلـوم لو نظرنـا إليها تاريخيـا؟ والعلاقة بين المعرفـة العلمية والثقافـة. ما معايير العلم وكيف نمايز بين العلم اللاعلم؟ كيف نشأت المعرفة العلمية وماوظيفتها في المجتمع وحركتها في التاريخ؟

هكـذا فرضت إشكـالية الأسس الابستمـولوجيـة للعلم نفسها في ضـوء جديـد حددتـه، وألقت أضـواء على أزمة العلوم الطبيعيـة وما انطـوت عليه مـن مشكلات فلسفية معرفية ومنطقيـة. هذا علاوة على الأضواء الكاشفة لإنجـازات العلوم بعامة بما في ذلك العلوم الإنسانيـة مثل علوم اللغات والانثروبولوجيـا وسيكولوجيا الإدراك وسوسيـولوجيا المعـرفة ودراسات الثقافـات المقارنة. وقـد أسهمت جميعا في تفسير

Heisenberg, Werner. Philosophic Problems Of Nuclear Science, Fawcette, New York,1952; pp. 11 - 14, 45 - 46.

العديد من المفاهيم السائدة وتوضيح العملية المعرفية وعدلت من أسلوب تناول الظواهر، وغيرت صورة العالم تغيرا جذريا. نضيف إلى هذا الحوار المضطرم بين هذه العلوم جميعها حول محور العملية المعرفية والذات والموضوع، وعلاقة المعرفة العلمية بنسق الموضوعات المناظرة.

واحتلت مشكلة تطور العلم في التاريخ مكان الصدارة منذ مطلع القرن العشرين ولا تزال. وبرزت أسماء لعلماء مرموقين، وتعددت أو تضاربت الآراء. وانعقدت مؤتمرات دولية لمناقشة القضايا المتعلقة بتطور العلم في التاريخ. وتضافرت جهود علماء الطبيعة ومؤرخي العلم لصوغ اتجاه جديد للبحث النظري التاريخي يمكن أن نسميه منطق التطور العلمي، وموضوعه دراسة ميكانيزمات إنتاج وحركة العلم، وتحليل تطور بنية العلم، ومناهج تحصيل المعارف الجديدة، واكتشاف قوانين التقدم العلمي، بل ومعنى التقدم العلمي ومعاييره، وأشكال وصيغ التقدم، وعلاقة العلم بالتراث الثقافي ونسق الفكر المشترك «الابسيتمي» وعلاقة التقدم العلمي بالتقدم الاجتماعي والارتقاء الحضاري، والعلم والتنبؤ بالمستقبل؛ والعلم والسياسات القومية؛ و العلم والإبداع في ضوء العلوم المختلفة، والعلم والتعليم... الخ والعلم وما قبل العلم أي معايير الحكم على المعرفة بأنها علمية ولا علمية وحين بدا أن العلم أو إنجازات العلم تشكل خطرا يتهدد الإنسان بل والوجود الحضاري فرض السؤال نفسه : هل مسيرة العلم عشوائية أم يمكن للإنسان أن يحكم قبضته على مسيرة العلم تخطيطا وتوجيها ضمانا لسداد وصواب تطوره. وبرزت أهمية فهم قوانين العلم كعملية تاريخية ممتدة وكقوة اجتماعية فاعلة، سواء من زاوية معرفية أو من زاوية التوجيه العملي لمسار العلم.

وتعددت مدارس الفكر، وتعقدت مناهج التناول مع تعقد فروع المعرفة واتساع نطاقها وازدياد تخصصها وغزارة إنجازاتها وعمق إشكالياتها. ومؤرخ العلم لابد وأن يضع في الحسبان كل فروع المعرفة، ويبحث العلاقات المتداخلة بينها، المتواترة والمركبة. هل يدرس العلم كفرع معرفي أم العلم كظاهرة اجتماعية ونشاط له تاريخ؟ وهل هناك علم عام ينصب عليه البحث وتستقى منه معطياتنا؟ وهل يُدرس العالم

الفرد أم العلماء كقوة اجتماعية؟ ومـاذا عن الجوانب النفسية للعلماء المبدعين وأسباب تميزهم؟ وكيف عبروا عن أنفسهم، ودور البيئة والتراث في هذا كلـه؟ وهل يـدرس التسلسل المنطقى لحركـة العلم وتـرابط الـوقـائع العلميـة وتقـديم تفسير منطقي للاكتشافات؟

وشاعـت مع الحرب العالميـة عبارة Big Science أو النشـاط العلمى المكثف والمنظم والجمعى. وظهـر اتجاه جديـد متميز لـدراسة مظاهـر اطراد التقـدم العلمي وأدائه كمحاولـة للإجابـة على هذه الأسئلة وحسـم تلك الإشكاليات. وعـرف هذا الاتجاه باسـم علـم العلم Scientology or Science of Science ويسـميه البعـض حكمة العلـم Scientosophy أو الدراسـة التسـجيلية للعلم Scien-tographyوكانت قـد توفرت مادة دراسيـة وافية عن العلم وتاريخه وحركتـه وتنظيمه وتخطيطه تصلح أساسـا لموضوع علم العلم الذي وضع لبناتـه الأولى العالم البريطاني المبرز جون برنال في كتابه «الـوظيفة الاجتماعية للعلم» ثم كتاب «العلم في التاريخ». وهذا لا ينفي محاولات سابقـة منذ القرن السابع عشر، حاولت أن تلقي نظـرة شاملة إلى العلم ولكنها تأملية خالصة.

ويعتبر علم العلم نسقـا مركبـا يتألف من أفـرع وجـوانب كثيرة: البنية المنطقيـة للعلم، منطق تطـور العلم، وسوسيـولـوجيا العلم، تنظيم العلم، اقتصـاد العلم، وطبيعة الإبـداع وسيكولـوجيا النشـاط العلمي، ونظريـة تنظيم العلم أو إدارة العلم باعتبـاره مؤسسـة اجتماعية.. الخ. وتجري دراسـة هذه الجوانب جميعهـا في وحدة متكاملة مع بيان تأثير كل منهـا في الآخر. ويهدف هذا المنهج في البحث إلى الكشف عن أداء وتطور العلم كنسق خاص والإفادة بهذه النتائج في النظرية والتطبيق.

وعلى الرغم من أن الاهتمام ببحث موضوع المعرفة بعامة، والمعرفة العلمية بخاصة باعتبارها ظاهرة متطورة تاريخيـاً ليس بالبحث الجديد، فإن الجديد هو تباين وجهات النظر، وتعـدد مناهج البحـث والنشاط المحمـوم إلى حد الصراع والتطاحـن في هذا الصدد، مما يكشف عن اهتمام وحاجة ملحة، وإدراك لأهمية دراسة هذه الظاهرة في

إطارها الثقافي الاجتماعي التاريخي مع الاستفادة بإنجازات العلوم الإنسانية التى دفعت إلى تغيير مسار التفكير الفلسفي والدخول في مواجهة مع فلسفة اتخذت لنفسها اسم «الفلسفة العلمية» ونعني بها الوضعية المنطقية أو التجريبية المنطقية.

فقد شهد العلم تطورات دفعت مفكرين عديدين إلى أن ينحوا نحوا آخر جديدا غير وضعي في تناول فلسفة العلم. والجدير بالذكر هنا أن الفلسفة الوضعية نزعت إلى إغفال تاريخ العلم باعتباره غير ذي صلة بفلسفة العلم، بناء على الاعتقاد بأنه «لامنطق للاكتشاف» وأن عمليات ملاءمة الاكتشاف العلمي والتقدم العلمي هى موضوع تختص بدراسته علوم أخرى مثل علم النفس أو الاجتماع أو غيرهما حيث أن فلسفة العلم مقتصرة على منطق البحث فحسب، وأن عالم المنطق مهمته تحديد اللغة ضمانا لدقة وتطابق الاصطلاحات، وأن ما يعنيه هو البنية المنطقية لكل القضايا الممكنة التى تزعم أنها قوانين علمية.

واعتاد فلاسفة التجريبية المنطقية النظر إلى تاريخ العلم باعتباره أساسا مسجلا لعمليات إزاحة تدريجية للخرافة والهوى وغير ذلك من معوقات التقدم العلمي. وتتمثل عمليات الإزاحة في إضافات متزايدة باطراد وتوليف للمعارف لتندرج كل فئة من المعارف العلمية الجديدة فى إطار المبحث العلمى الخاص بها... وهذا هو التفسير المألوف لتاريخ العلم، والذى أطلق عليه توماس كون وغيره «مفهوم التطور عن طريق التراكم» والذي يتصدى له في كتابه هذا.

وبرزت خلال حركة التمرد على فلسفة العلم هذه آراء زعمت أنها جديدة وراديكالية ليس فقط من حيث مذهبها بشأن العلم وتطوره وبنيته بل وأيضا من حيث تصوراتها للطرق الملائمة لحل مشكلات فلسفة العلم وبيان هذه المشكلات ذاتها.

ومن هذه الدراسات المتمردة كتاب «بنية الثورات العلمية» تأليف توماس كون العالم الأمريكي الذي تخصص في تاريخ العلم. وصادف كتابه استجابة واسعة، وأثار جدلا ساخنا لم يهدأ بعد، واحتل الصدارة في جداول عدة مؤتمرات دولية معنية

بتاريخ العلم. وصدرت دراسات عديدة تركزت على نظريته ما بين تأييد أو معارضة لها أو توضيح لآثارها وانعكاساتها على مناهج بحث لفروع علمية متباينة وبخاصة العلوم الاجتماعية.

لب نظرية كون فكرة النموذج الإرشادي Paradigm . وقد أخذ المصطلح عنده أكثر من معنى، إذ اضطر إلى تحديده بدقة أكبر عند الرد على منتقديه. والنموذج الإرشادى أو الإطار الفكري هو تلك النظريات المعتمدة كنموذج لدى مجتمع من الباحثين العلميين في عصر بذاته، علاوة على طرق البحث المميزة لتحديد وحل المشكلات العلمية وأساليب فهم الوقائع التجريبية. ويركز كون على الطبيعة الجمعية للنشاط العلمي مؤكدا أن العالم الفرد لا يمكن اعتباره ذاتا كافية للنشاط العلمي. وانتهى كون إلى نتائج بعيدة المدى ذات طبيعة ابستمولوجية ومنهجية. ولا يرى كون أن هناك نقلات منطقية بين النماذج الإرشادية المنفصلة إذ يشبهها بعوالم مختلفة يعيش فيها الباحثون.

والنماذج الإرشادية غير قياسية، إذ ثمة انقطاع أو قطيعة بين المفاهيم النظرية الأساسية المختلفة في العلم. ومن ثم فإن حركة العلم، أو لنقل النظريات العلمية أو النماذج الإرشادية الجديدة ليست نتيجة منطقية ولا تجريبية للنظريات السابقة عليها... إنها لا قياسية وحقائقها نسبية، وفي كل حقبة علمية أو مع كل ثورة علمية تكون السيادة لنموذج إرشادي له الغلبة. والنماذج الإرشادية في تاريخ العلم الواحد مختلفة عن بعضها اختلافا أساسيا، وتحل محل بعضها البعض على مدى مسار التطور التاريخي للمعرفة العلمية.

ويرفض كون رأى الوضعية المنطقية في اعتبار بنية النظريات العلمية نسقا من العلاقات الشكلية الخالصة لأبنية لغوية. إذ يرى أن نسق النظرية غارق أو منغمس في مخططات معرفية هادفة تحدد كلا من طابع ومسارات كل تطور جديد للنظرية وكذا أسلوب تحديد التجارب وتفسيرها. وهو هنا متأثر بفكر وفلسفة وورف الذي استخلص بالاشتراك مع إدوار سابير من نتائج دراستها للغات، مجموعة من

القـوانين على أساس عـرقي، وانتهيـا إلى مـا يعرف بـاسم فـرض النسبيـة اللغويـة. وحسب هذا الفرض فإن العالم الذى ندركه ونفسره قائم لاشعوريا على أساس معايير لغوية محددة. ونحن نحلل أو نجزىء الواقـع إلى عناصر وفقا لقواعد تصنيف (وهي قواعد مجسدة في وحدات قاموسية أى مفـردات اللغة) ووفقا للأبنية النحوية الأصيلة في اللغة موضوع البحث. وحيث أنه لا توجد لغتان متماثلتان فإن بالإمكان القول إن المجتمعـات المختلفة مـوجودة في عـوالم مختلفـة. فنحن نحلل الطبيعة وفق خطـوط حددتها لنا لغـاتنا الوطنية، وهـو ما يعني أساسا أن تنظيمهـا يتم على أساس أنساق اللغة الموجودة في الأذهان. وهكذا ندخل في مبدأ جديد من النسبية يقضى بأن جميع المشاهدين لا يسترشدون بنفس الدلائل أو الشـواهد الفيزيقية وصولا إلى نفس صورة الكون مالم تكن خلفياتهم اللغوية متماثلة. وحسب فرض النسبية اللغوية فإن الصور اللغويـة المختلفة عن العـالم يمكن أن تصنع أبنيـة فئوية مختلفـة، ومن ثم تـؤثر على معايير التفكير، كما تؤثر بالواسطة على معايير سلوك مجتمع معين.

ولقد استطاع كون أن يلفت الأنظار في دراستـه عن نظرية العلم وتاريخه ومناهج بحثه إلى سلسلة كاملة من المشكلات التى كـانت في الظل، ولكنها واقعية وجوهرية لفهم بنية ووظائف المعرفة العلمية، ولفهم العملية التاريخية الفعلية لتطور العلم.

ولكن كـون بقدر مـا أثار مـن اهتمام ودوي، أثار شكـوكا وانتقـادات. وانصب اتهامه بالذاتية أو النسبية الذاتية بسبب مشكلة الانتقال من نموذج إرشادي إلى آخر - أي الثورة العلميـة التى تعنى في رأيه الانتقـال إلى عالم مغايـر إدراكيا ومفـاهيميا غير العالم الذي يعمل فيه الباحث. لقـد تغير العالم لمجرد إبدال النموذج الإرشادى. إن البـاحث العلمى عقب إبدال النمـوذج الإرشادي، أي عقب الثـورة العلمية، يـرى العالم في صورة مختلفة؛ بل إن ما كان بدهيا لم يعد جزءا من خبرته حتى وإن استخدم ذات المصطلحات القـديمة. ذلك أن الصيغ والقـواعد والمصطلحـات تأخذ معنى كيفيا جـديدا في إطـار الصورة الكلية الجديـدة ذات الدلالـة المغايـرة. معنى هذا أن الإبدال أو التحول أو الثورة ليست لها أسباب منطقية أو تجريبية. ويرى كون في هذا دليلا على وجود عناصر لاعقلية في تاريخ العلم.

وإذا كانت الانتقادات قد تركزت أساسا على مفهوم كون لمعنى الثورة العلمية، أي الانتقال من إطار فكري أو نموذج إرشادي إلى آخر، وما ينطوي عليه هذا الفهم من إيحاء بوجود عناصر لاعقلية ونفي للارتقاء الحضاري العلمي على نحو متتابع، فإننا سنجد من بين منتقديه من يحاول أن يدفع بهذا الجانب اللاعقلي إلى أبعد مما ذهب إليه كون.

وناقش كُتّاب كثيرون المشكلات الفلسفية لفكرة تغير النماذج الإرشادية، ودلالة ذلك بالنسبة لجدوى الحوار بين المجتمعات العلمية التي تلتزم بنماذج إرشادية متباينة، وأيضا إمكانية فهمنا نحن المعاصرين للمجتمعات البدائية. وعنى هؤلاء المفكرون أساسا بفكرة «النسبية» المترتبة على رأى كون من أن النماذج الإرشادية يمكن النظر إليها باعتبارها تستجيب إلى عوالم مختلفة ومن ثم يتعذر التفاهم بينهم، ويستحيل حسم الخلاف باللجوء إلى أي لغة خارج النموذج الإرشادي، بمعنى أن الحوار بين الثقافات هو حوار طرشان.

يلزم عن هذا أن لا سبيل للوقوف خارج الحوار بين أنصار نموذجين إرشاديين والاهتداء إلى حجج «عقلانية» ومعايير برهانية تجريبية تكشف عن صواب صورة ما للعالم وخطأ الأخرى. إذ لكى يكون الحوار مجديا بين طرفين لابد وأن يدور داخل ذات الإطار بلغته ومفاهيمه. وواقع الحال إننا مع إيماننا بالدور الحاكم للإطار الفكري في الحياة العامة إلا أنه ليس دورا حاكما أبديا داخل الحياة العلمية، وليس قَدَراً إلا إذا كان ذلك استنادا إلى أحكام قيمية على نحو ما نجد في ظل الجمود العقائدي الذي يخرجنا من دائرة العلم. وإذا كان الخلاف ينشب داخل المجموعة العلمية إزاء ظواهر معينة تشذ عن الإطار الحاكم، فإنها ظواهر طبيعية أو واقعية ليست مبتدعة ولا مصطنعة، ومصدرها العالم أو الطبيعة، ومن ثم فإنه لابد، استطرادا مع نظرية كون، ولكن التزاما بنهج مغاير، أن يكون المرجع والحكم هنا الإشارة إلى العالم الخارجي، مصدر الظاهرة، وإقامة البرهان التجريبي لحسم الخلاف.

ولكن هذا لا يمنع من أن نشـاهد في الحياة العـامة من يـرفض الإقرار بالظـاهرة الجديدة، ويستعصى عليـه بحثها، ويسعى إلى تطويعها قسرا لإطـار فكري موروث أو قياس انعقد عليه الإجماع، حسب ما يرى كون، بيد أن الأمر هنا لا يتعلق بظاهرة طبيعية يختص ببحثها العلم الطبيعي بمنهجة البرهاني التجـريبي، بل ظاهرة إنسانية اجتماعية أو ثقافية لها منطق متميز. وهذا لا يعنى أيضا أن الاحتفاظ بالإطار الفكرى أو النمـوذج الإرشادى القـديم له ذات القـدر من الصـواب والإنتاجيـة أو الفعاليـة العلمية بشـأن النموذج الإرشادى الجديـد. . . ذلك أن من شاء أن يظـل على إيمانه بأن الأرض مسطحة لـه حقه في هـذا، ولكن اعتقاده لن يكون نـدا ولا كفؤا لنظـرية كـروية الأرض. ثم إن الأمـر هنا ليس اعتسـافا، ولا اختيـارا إراديا بل رهن بمـرجع نحتكم إليـه وتـدعمـه أجهزة البحث التـى هى جزء لا يتجـزأ من عنـاصر البرهـان التجريبي.

ولهذا نقول إن نظـرية كون كانت مـؤثرة، ولها صداها في مجال العلـوم الاجتماعية الثقافية، على عكس الحال بـالنسبة للعلوم الطبيعية. فإن زاوية رؤيـة الإنسان للعالم من حولـه نتاج ثقافي اجتماعي مـوروث. وتظل هذه الرؤيـة باقية في جـوار مع رؤية علمية مغـايرة. وتتألـف هذه الـرؤية في شمولها مـن عناصر تضم اللغـة وقواعـدها ودورها في صيـاغة صورة العالم وبنيتـه، ولبنات هذه البنية. ولهذا أثـار بعض النقاد موضوع العلاقة بين لغة الحياة اليومية ولغة العلم في الحياة وتجاور الاثنين معا. ويقرر هؤلاء أن إطـار ما نشاهـده في التجربة العلميـة يحدده محتوى النظريـة، غير أن أبنية الإدراك الأساسيـة مثل تفسير العالم في ضوء اللغـة الطبيعية للحياة اليـومية، تتشكل عنـد المستوى قبل العلمى. فـالإنسـان العـام لا يزال من الـوجهـة الاجتماعية هـو الإنسان بمكوناته الإدراكية ووسـائل تعبيره. إذ لا يزال يدرك حسيا أن الشمس تدور حولـه، ولا يزال يقول، وتفرض عليـه لغته قول، أشرقت الشمس، وإن كـانت لغة العلم وصورة العـالم في العلم غير ذلك. وهذا مـن شأنه أن يثير قضية التـواصل بين العلم ولغة العلم والعلماء وبين الحياة اليومية واللغة الطبيعية والإنسان العام أو الحس المشترك. . . أو حدود التواصل بين العلمى وما قبل العلمى في الحياة العامة.

وأن أخطر ما وجهه المفكرون من نقد لنظرية كون يتعلق بتعريفه للمنهج العلمى ومعاييره الخاصة بـالتمييز بين العلم وغير العلم على نحو أوقعه في تنـاقضات منطقية في تطبيقه لهذه المفاهيم. ذلك أن كون يساوي بين مناهج بحث الأقدمين والمحدثين حتى وإن تعارضت، وعلى الرغم مما يراه انقطـاعا بين النظريات في التاريخ. ومنهج كون هذا يفضى، كما يـرى منتقدوه، إلى نسبية المعرفة. فكل معرفـة صحيحة قياسا إلى نسقها وبالنسبة إلى نموذجها الإرشادى، دون معايير للحكم على الصواب والخطأ غير الرجوع إلى السياق أو النموذج الإرشادي. ويفضى هذا المنهج أيضا إلى التهوين من شأن التحليل العقلي كمعيـار حـاسـم في البحث العلمي. وبهذا نفتقـد الـدليل العقلي الـذى نمايـز بـه بين العلم وغير العلم، مثلما نفتقـد معـايير قيـاس التقـدم العلمى. وما دام الـرأى عند كون أن نظـريات أرسطو وبطليمـوس ونيوتن وآينشتين جميعها نظريات علميـة على قدم المساواة، فليس غريبا أن يظل البـاب مفتوحا، ولو نظريـا حسب منهج كون، لاحتمالات عودة نظريـة قديمة لتحل محل أخرى جـديدة طالما أننا لا نملك المعيار.

ورأى البعض في هذا نوعا من التشاؤم الابستمولوجي أو اللاادرية الابستمولوجية التي تفضى إلى تشـاؤم. فالنظريـات جميعا سـواء، ولا أمل أو معيار للتقـدم المعرفي للإنسـانية. ولا بأس، التـزاما بهذا الرأى، أن يستصـوب البعض الردة إلى نظـريات سابقة.

إن قضية التعـارض بين النظريات الجديـدة والقديمة، أو الانقطـاع بينها، هي قضية تتعلق بنظـرية المعرفـة مثلما تتعلق بقضايـا منهج البحث العلمى. وهذان هما جوهر العلم الحديث، ومعيار التمييز بين مـا هو علمى وما هو غير أو قبل علمي، وهما بالتالي أحد معايير التقدم العلمى ومن ثم الحضارى.

إن الظاهرة الطبيعية أو الاجتماعية، قد تكـون واحدة عند الأقدمين والمحدثين، والاهتمام بهذه أو تلك قد يكون واحدا عند هؤلاء وأولئك. ولكن الفارق الجوهرى هو فارق معرفي من حيث محتوى المعرفـة ومنهج البحث الذى يقره العلم الحديث والذى

يسبغ صفته على الباحث بحكم الالتزام به، وبدونه تسقط عنه صفة العلمية.

ولهذا فإن النظريات التى أشار إليها كون عند المقارنة بينها وبين النظريات الحديثة هي، في رأي منتقديه، نظريات غير علمية. والأمر جدًا مختلف عند الحديث عن نظرية بطليموس وغيره من الأقدمين السابقين على المنهج العلمى الحديث أو عند الحديث عن نظريات علمية حديثة غير كاملة. فالاولى غير علمية تماما، والثانية، إذا ما توفرت فيها شروط المنهج، تكون خطوة على الطريق نحو نظرية كاملة تحدث تغييرا شاملا في مجال بحثها، أعنى ثورة بالمعنى الذى ذكره توماس كون. معنى هذا أن نمايز بين سعى الانسان إلى المعرفة، وأن نضع إنجازاته في إطار عصره وسياقه الاجتماعي وبنيته الفكرية، وبين البحث العلمي في عصر المنهج القائم على البرهان التجريبى. وهذا السعى أو البحث مشروع أو ظاهرة اجتماعية متطورة تدريجيا على مدى التاريخ، ولها شروطها التي تمايز بين مراحلها.

ثم إن هناك اتصالاً بين النظريات ولكنه في اتجاه واحد وليس في اتجاهين، بمعنى أن الباحث المحدث يستطيع مع التزامه بالنظرية المعاصرة أن يفهم نظرية أرسطو أو بطليموس ويدرك مواطن الخطأ فيها وأسبابه بينما من يعيش بنظرية أرسطو أو يفكر بطريقة الأقدمين فقط يستعصى عليه فهم النظرية الحديثة أو التحاور مع أصحابها.

وماذا عن النظريات التي ثبتت صحتها (مثل ميكانيكا نيوتن) ثم حلت محلها نظريات أخرى أكثر نجاحاً (النظرية النسبية وميكانيكا الكم)؟ يقول لانسانا كيتا * أستاذ فلسفة العلوم في سيراليون: من الخطأ القول إن نموذج البحث في إحدى النظريتين الأخيرتين حل محل نموذج البحث في النظرية الأولى كبديل عنها، إذ يمكن الجمع بين النماذج الثلاثة. والفارق هو فارق في المدى والدرجة بمعنى أن

* لإنسانا كيتا ـ تعارض النظريات وتاريخ العلم عند كون ـ مجلة ديوجين Diogene العدد ٨٧/ ١٤٣ مركز مطبوعات اليونسكو ـ القاهرة.

Polikarov, A. ; Science and Philosophy, Bulgarian Academy of SC.; Sofia, 1973 pp. 82.

ميكانيكا نيوتن أكثر دقة من ناحية المسافات والسرعات النهائية .

ويضيف إلى ذلك بوليكاروف قائلا : إن التعديل في إحدى النظريات يحدث بوسائل مختلفة ، ويتناول أجزاء مختلفة أو يجري على مستويات متباينة . مستوى المعنى الفيزيقى ، أو مستوى الاداة الرياضية ، أو مستوى الأساس المنطقي ، أو مستوى التفسير الفلسفي . ثم إنه لا بد من النظر في طبيعة التحول : فقد تكون النظرية الجديدة استيعابا للقديمة وأكثر منها شمولا بحيث تغدو حالة خاصة بالنسبة إليها . انها لا تثبت زيف القديمة بل تضيف . . . وإن الانتقال إلى مستوى أعمق يقضي بأن ندرس الاختلاف بين مفهومين ونعتبره اختلافا جوهريا إذا ما انصب على الفكرة الرئيسية والمبدأ الأساسى أو المسلمة ، والنسق المفاهيمي والمشكلات والمناهج ، أى عندما نعيد النظر في الأسس الفيزيقية والمنطقية والفلسفية لمفهوم ما ، ويفضى بنا هذا إلى تغيير في أداة الاستقراء مع نتائج أو تفسيرات جديدة ومن ثم نظرية مغايرة .

هذا نذر يسير من اعتراضات كثيرة انصبت على كتاب توماس كون «بنية الثورات العلمية» وهى اعتراضات لم تهدمه ولكنها اتخذته منطلقا لإضافات غنية ولإبحاث أكثر ثراء .

شوقي جلال

القاهرة ١٩٩٢

تصــدير
للمـؤلف

الدراسـة التالية هي أول تقـرير ينشر كامـلا عن مشروع بزغت فكـرته بدايـة منذ خمسة عشر عامـا على وجه التقريب . كنت آنـذاك طالبا بالـدراسات العليا ، أدرس الفيـزيـاء النظريـة وقـد أوشكت على الانتهـاء من رسـالتي لنيل درجة الـدكتـوراه . وأسعدني الحظ بأن شـاركت في مقرر دراسي تجريبي بالجامعة عن علم الفيـزياء لغير المتخصصين ، فهيأ لي هـذا فرصـة الاطلاع لأول مـرة على تاريخ العلم . وكم كـانت دهشتى عظيمة حين وجدت أن اطلاعي على نظريـات وممارسات علمية فات أوانها قـد هـدم جذريـا بعض مفـاهيمى الأسـاسيـة عن طبيعـة العلم وأسباب نجـاحـه الملحوظ .

كان قد سبق لي أن استقيت تلك المفاهيم من خلال تنشئتى العلمية حينا ، ومن اهتمامي القـديم الخارج عن مجال تخصصى عندئذ بفلسفـة العلوم حينا آخـر . ولكن تلك الأفكار العامـة ، أيا كان نفعها التربوي ومعقوليتها المجـردة ، لا تتلاءم أبدا مع المشروع الذي تكشفت عنه الدراسة التاريخيـة . بيد أنها كانت ولا تزال أساسية لكثير من المناقشـات في العلم ، ولذا بـدا لي أن قصورهـا المتكرر عن مطـابقة الحقيقـة أمر جدير جدا بالاهتمام والمتابعة . وكـانت النتيجة تحولاً جذرياً وشاملاً في خططى بشأن ميدان التخصص . المستقبليـة ، إذ تحولت عن الفيزيـاء إلى تاريخ العلـم ، ثـم تحولت تدريجيا عن المشكـلات التاريخية المباشرة نسبيا لأعود ثـانية إلى تلك الاهتمامات التي يغلب عليها الطـابع الفلسفي ، والتي سبق أن قادتني بـداية إلى التـاريخ . وفيما عدا بضع مقالات محدودة . تعتبر هذه الدراسة أول أعمالى المنشـورة التي تسودها اهتماماتي الباكرة . وهي في جـزء منها محاولة من جانبي لكى أوضح لنفسـى ولأصدقائى كيف

حدث لى أن انتزعت انتزاعا من العلم إلى تاريخه في مبدأ الأمر.

وقد تهيأت لي أول فرصة لكي أتـابع بعمق بعض الأفكار المطروحة فيما يلي بفضل منحة دراسيـة لمدة ثلاث سنوات كنت خـلالها زميلا مستجدا في جمعية الـزملاء So-ciety of Fellows بجامعة هارفارد. إذ لولا تلك الفترة من الحريـة لـكان الانتقـال إلى مجال جديد من الدراسة عملا أكثر عسـرا بل ولربـما كان مستحيلا. فـقد نذرت بعــض وقتي على مدى تلك السنـــوات لتاريـــخ العلم بمعناه الأصيل. وواصلت بوجه خاص دراسة كتـابات الكسندر كواريه Alexandre Koyré. واطلعـت لأول مرة على كتابات أميل مايـرسون وهلين متسجر وانيليز ماير [(١)]. وكشفت لي هـذه المجموعة على نحو أوضح بكثير مما كشف لى باحثون آخرون معاصرون، عن الصورة التي كان يفكـر بها المرء علميا خلال حقبة كانـت قواعد الفكر العلمي فيهـا مغايرة تماما للقواعد السائدة اليوم. وعلى الـرغم مما خالجني من شعور بأن شكي يتزايد إزاء بعض تفسيراتهم التاريخية الخاصة فإن مؤلفاتهم، وكذا كتاب أ. أ. لافجوى «سلسلة الوجود العظمى» Lovejoy : Great Chain Of Being كان لها جميعا دور لا يفوقه إلا دور النصوص الأصلية في صياغة مفهومي عن الصورة التي يمكن أن يكون عليها تاريخ الأفكار العلمية.

بيد أنني قضيت قسطا كبيرا من وقتي خلال تلك السنوات في محاولة لاستكشاف مجالات لا تربطها علاقة واضحة بتاريخ العلم، ولكنها مجالات يكشف فيها البحث الآن عن مشكـلات تشبه تلك المشكـلات التى كـان التاريخ يشـد انتباهى إليهـا. وصـادفتنى حاشيـة لإحدى الكتب فإذا بها تقـودني إلى التجارب التي أجـراها جـان بياجيـه وألقى بها ضوءا كاشفـا على كل من مختلف عوامل نمـو الطفل وعلى عملية

(١) اكثرها تأثيرا بوجه خاص: Alexandre Koyré, Etudes Galiléennes (3 vols.; Paris, 1939); Emile Meyerson, Identity and Reality, trans. Kate Loewenberg (New York, 1930); Hélène Metzger, Les doctrines chimiques en France du début du XII^{e} à la fin du XVIII^{e} siècle (Paris, 1923), and Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique (Paris, 1930); and Anneliese Maier, Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert ("Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik"; Rome, 1949).

الانتقال من مـرحلة إلى مرحلة أخرى من مـراحل النمو[٢]. وهيأ لى أحـد زمـلائى فـرصة قـراءة دراسـات عن سيكولـوجيـا الإدراك وبخاصـة دراسـات علماء مدرسـة الجشطلت السيكـولوجيـة. وأطلعنى زميل آخر على تأمـلات ب. ل. ورف Whorf بشأن أثر اللغة على رؤية الإنسان للعالم. وهداني و. ف. أ. كواين Quine إلى معرفة المعضلات الفلسفية المتعلقة بالتمايز بين مـا هو تحليلي وما هو تركيبي[٣]. كان هـذا هو نوع الاستكشاف الـذي يحدث بالصدفة، والذي أتاحته لي جمعيـة الزملاء، ولولا هذا الاستكشاف لما اسـتطعت أن التقى على غير توقـع بـتلك الدراسـة التـى تكاد تكـون مجهـولة والتي كتبها لودفيك فليك وعنوانها: «ظهور الحقيقة العلمية وتطورها Entstlhung und Enturiklung Einer Wissenchaftlichen Tatsache (بـــازل ١٩٣٥)وهي دراسـة تستبـق الكثير من أفكـاري. وجعلتني دراســة فليك، وكـذا ملاحظة أبداهـا زميل آخر من أعضاء المنحة الدراسية وهـو فرنسيس ساتون Sutton أدرك أن تلك الأفكار ربما كانت بحاجة إلى أن تُعرض في إطـار سوسيولوجيا الجماعة العلميـة. وإذا كان القـارىء لن يجد فيما يلي سـوى إشـارات قليلة إلى أي من هـذه المؤلفات أو المحادثات، فإنني مدين لها بأكثر مما أستطيع الآن أن أقدمه أو أقيمه.

وخلال العام الأخير لي مـن المنحة الدراسية تلقيت دعوة لكـي أحاضر في معهد لـوويل Lowell Institute في بوسطن. وهيأت لي هذه الدعـوة أول فرصة أضع فيها فكرتي عـن العلم، التي كانت لا تـزال في طور التكويـن موضع الاختبار، وقـدمت سلسلة من ثماني محاضرات عامة ألقيتها خلال مارس ١٩٥١ موضوعها «البحث عن نظـرية لعلم الفيـزيـاء». وفي العام التـالى شرعت في تـدريس تاريخ العلم بمعنـاه

(٢) نظرا لأنها كشفت عن مفاهيم وعمليات تنبثق مبـاشرة عن تاريخ العلم فقد ثبت أن بحثين اثنين من أبحـاث بياجيـه لهما أهميـة خاصـة وهما: The Child's Conception of Causality, trans. Marjorie Gabain (London, 1930, and Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant (Paris, 1946).

(٣) تولى جون كـارول آنذاك جمع أبحاث وورف: Language, Thought, and Reality — Selected Writings of Benjamin Lee Whorf (New York, 1956). Quine has presented his views in "Two Dogmas of Empiricism," reprinted in his From a Logical Point of View (Cambridge, Mass., 1953), pp.20-46.

المحدد. وقضيت عقدا كـاملا على وجه التقريب مع المشكـلات المترتبة على التعليم في مجال لم يسبق لي أن درسته دراسة منهجية. ولم تـدع لي هذه المشكلات سوى وقت ضئيل لتنظيم الأفكـار التي ساقتنى إلى هـذا المجـال بدايـة والإفصاح عنهـا. ولكن لحسن الحظ أثبتت تلك الأفكـار أنها مصدر توجيـه ضمني وإطار لبنيـة المشكلات التي تركـز حولها قدر كبير من التـدريس الذي مارسته على مستـوى أعلى. لهذا أجد من حق طـلابى على أن أشكـرهم لما أفدتـه من دروس لا تقـدر بمال سـواء بالنسبـة لقابلية تطبيق آرائي أو بالنسبة للتقنيات الملائمة للتعبير عنها بصورة فعالة. وأن هذه المشكلات ذاتها والتوجه نفسه يسبغان وحدة على الجانب الأكبر من الدراسات التي يغلب عليها الطـابع التاريخي ولا تجمع بينهـا رابطة واضحة، والتى بـدأت في نشرها منذ أن انتهت فترة الزمالة. وتتناول دراسات عديدة منها الدور الرئيسى المكمل لهذا المبدأ الفلسفي المجـرد أو ذاك، في البحث العلمي الخلاق. وتتناول دراسـات أخرى طريقـة تراكم الركـائز التجريبية لنظـرية جديدة، وطـريقة استيعابها وتمثلهـا، لدى الباحثين الملتزمين بنظريـة قديمة مناقضة. وتعرض تلك الدراسـات خلال هذا كله نمط التطور الذي أطلقت عليـه في هذا الكتاب: «بزوع أو انبثاق نظريـة جديدة أو اكتشاف جديد» وثمة روابط أخرى مماثلة غير هذه.

وبدأت المرحلة الأخيرة من هذه الدراسة بدعوة تلقيتها لكى أقضى العام الدراسي (١٩٥٨ ـ ١٩٥٩) بمركز الدراسات المتقدمة في مجال العلوم السلوكية. وتهيأ لي للمرة الثانية أن أوجه انتباهي كامـلا للمشكلات التي سأناقشها فيما بعد. ولعل الأهم من ذلك كلـه أننى قضيت عامـا كامـلا وسط مجتمع يضم أساسـا علماء متخصصين في العلوم الاجتماعية واجهوني بمشكلات لم أعهدها من قبل تتعلق بأوجه الاختلاف بين هذا الطراز من الجماعات وبين جماعات علماء الطبيعة الذين نشأت بينهم. وأذهلني بوجه خاص كم ومدى الاختلافات الصريحة فيما بين العلماء الاجتماعيين بشأن طبيعة المشكلات والمناهج العلمية المشروعة. وأثار كل من التاريخ والتعرف المباشر شكوكي في أن من يمارسون العلـوم الطبيعية لديهم إجابـات على هذه المسائل أشد رسـوخا أو أكثـر دواما وتحديـدا مما لـدى زملائهم في مجال العلـوم الاجتماعية. ومع هـذا يمكن القول بصورة أو بأخـرى إن ممارسة علوم الفلك أو الفيزيـاء أو الكيمياء أو الأحياء لا

تثير جدالا بشأن القضايا الأساسية كذلك الذي يبدو اليوم واسع الانتشار بين علماء النفس أو علماء الاجتماع على سبيل المثال. وعندما حاولت استكشاف مصدر هذا الاختلاف، قادتنى المحاولة إلى إدراك الدور الذي يقوم به في مجال البحث العلمي ما اصطلحت على تسميته منذ ذلك الحين «النماذج الإرشادية Paradigms» وأقصد بذلك الإنجازات العلمية المعترف بها عالميا والتي تمثل في عصر بذاته نماذج للمشكلات والحلول بالنسبة لجماعة من الباحثين العلميين. وما أن تسنى لى حل هذا الجزء من اللغز الذي حيرنى حتى انبثق على الفور مشروع هذه الدراسة.

ولسنا بحاجة إلى أن نعيد سرد ما حدث بعد ذلك بالنسبة لهذا المخطوط. ولكن لا غني عن ذكر كلمات قليلة عن الصورة التي ظل محتفظا بها حتى مع عمليات التنقيح والمراجعة المختلفة. فقد كنت أتوقع، حتى الوقت الذي فرغت فيه من الصياغة الأولي ونقحت الكثير منها، أن المخطوط سوف يظهر كمجلد ضمن «موسوعة العلم الموحد» ولن يكون غير ذلك. وحثنى على ذلك أول الأمر المسئولون عن تحرير هذا العمل الرائد. ثم الزمونى بتعهد قطعته على نفسي بذلك - وترقبوا أخيرا الوصول إلى نتيجة، وقد تحلوا بكياسة وصبر فريدين، وإنني لمدين لهم بالكثير، وبخاصة للسيد شارلز موريس الذي لم ين عن تشجيعى وحثى على الاستمرار، وأسدى إلىّ النصح والمشورة بشأن المخطوط الذي انتهيت إليه. ولكن نظرا لظروف المساحة المحددة لي في «الموسوعة» فقد بات لزاما على أن أعرض آرائي في صورة مكثفة وعامة إلى أقصى حد. وعلى الرغم من أن الأحداث التالية ساعدت بشكل ما على تخفيف هذه القيود، وجعلت من الممكن إصدار طبعة مستقلة في ذات الوقت، فإن هذا العمل يظل في صورة بحث أكثر منه كتابا كامل الابعاد على النحو الذي لابد أن يقتضيه موضوع دراستي آخر الأمر.

ونظرا لأن هدفي الأساسي قبل سواه هو العمل بالحاح وجد من أجل إحداث تغير في إدراك وتقييم المعطيات المألوفة، فلا يتعين أن يكون الطابع التخطيطي العام لهذا العرض الأولى حائلا دون ذلك. وعلى العكس فإن القراء الذين هيأتهم بحوثهم العلمية لتقبل هذا النوع من إعادة التوجه الذى أدعو إليه هنا، قد يجدون صورة الدراسة المعروضة بين أيديهم تجمع بين القدرة على الإيحاء وسهولة الاستيعاب. ولكن

لها مثـالبها أيضـا ، وهـذا قد يبرر مـا أقـدمت عليـه باديء ذى بـدء حين أوضحت ضروب التوسع عمقـا ومجالا والتى آمل أن أضعها آخر الأمر في نص أكثـر تفصيلا . ولدي من الشواهد التاريخية ما يفيض على المساحة المتاحة لي هنا . هذا علاوة على أن تلك الشواهد والبيـانات استقيتها من تاريخ علم الأحياء وكـذا علم الفيزياء . وإذا كنت قد قـررت هنا أن أقصر عرضى على تـاريخ علمى الفيزياء والأحيـاء فإنما يرجع ذلك جزئيا إلى رغبتى فى أن أضاعف من اتساق وتماسك هذه الدراسة ، كما يرجع من ناحية أخـرى إلى أسباب تتعلق بامكانـاتي الحقيقية . زد على ذلك أن النظرة إلى العلم المزمع عـرضها هنا تـوحى بالخصـوبة المحتملـة لعدد من ضروب البحـث الجديدة ، التـاريخية والاجتماعيـة على السواء . مثـال ذلك أن الطـريقة التي تـؤدي بها مظاهـر الشذوذ أو الخروج على المألـوف ، وانتهاك ما هـو مرتقب إلى جـذب المزيد من اهتمام مجتمع علمي إنما تحتـاج إلى دراسـة مستفيضـة على نحـو مـا يحدث بـالنسبـة لبـزوغ الأزمات التي قـد يسببها الفشل المتكرر في جعل مـا هو شاذ متسقا . أو مثـال آخر: إنني إذا كنت على صواب في أن كل ثورة علمية تغير المنظور التاريخي للمجتمع الذي يدركها ، إذن فـان هذا التغير في المنظور حرى به أن يؤثـر على بنية منشورات البحث العلمى والكتب الدراسيـة الصادرة بعد الثـورة العلمية . ومثل هذه النتيجة ــ إعادة توزيع الأدب التقنى الـوارد فى الحواشى وتحوله الى تقاريـر البحوث العلمية ـ جـديرة بالدراسة باعتبارها مؤشرا محتملا لوقوع الثورات .

وكذلك أرغمتني الحاجة إلى التكثيف الشديـد على التجاوز عن مناقشة عدد من المشكلات الأسـاسية . فإن التمايز الذي اصطنعتـه بين مرحلتى ما قبل النمـوذج وما بعده في تطور علم من العلوم إنما هو، على سبيل المثـال ، تمايز تخطيطى عام للغاية . فكل مدرسـة من المدارس العلمية يسبغ عليهـا تنافسها طـابعه المميز خـلال المرحلة الباكرة إنما تسترشد بشيء أشبه ما يكون بنموذج إرشادي ، وثمة ظروف وملابسات ، وإن كنت أراها نـادرة الحدوث ، يمكن أن يتعايش معهـا في سلام نموذجـان خلال المرحلة التـالية . ولكن مجرد امتـلاك نموذج إرشادي ليس كـاف فى حد ذاتـه كمعيار لـلانتقال التطـوري الذي نـاقشناه في الفصل الثـاني . والأهم من ذلك ، إنني لم أقل شيئا ، اللهـم إلا في عبارات عـارضة موجزة ومتناثرة ، عن دور التقـدم التكنولوجي أو

دور الأوضاع الخارجية الاجتماعية والاقتصادية والفكرية في تطور العلوم. بيد أن المرء ليس بحاجة إلى النظر إلى أبعد من كوبرنيكوس والتقويم الشمسى لاكتشاف أن الأوضاع الخارجية قد تساعد على تحويل شيء لا يعدو كونه مجرد شذوذ إلى مصدر لأزمة حادة. وقد يوضح لنا المثال ذاته كيف أن الظروف الخارجة عن العلوم يمكن أن تؤثر على نطاق البدائل المتاحة لمن يلتمس انهاء أزمة ما عن طريق اقتراح اصلاح ثوري في صورة أو أخرى[٥].

وأحسب أن الدراسة الصريحة لنتائج من هذا الضرب لن تعدل الأطروحات الأساسية التي طرحتها بداية هذه الدراسة. ولكنها سوف تضيف يقينا بعدا تحليليا على أعلى قدر من الأهمية لفهم التقدم العلمي.

أخيرا، ولعل هذا هو أهم الأمور جميعها، فإن قيود المساحة قد أثرت تأثيرا حادا على معالجتي للمضامين الفلسفية لهذه النظرة إلى العلم ذات التوجه التاريخى والتى تعرضها هذه الدراسة. إذ من الواضح أن ثمة مضامين من هذا النوع، وقد حاولت أن أبرزها وأن أوثق الأساسى منها. بيد أننى وأنا أفعل هذا كنت أحجم عادة عن المناقشة التفصيلية لمختلف مواقف الفلاسفة المعاصرين من القضايا المناظرة. وحيثما أشرت إلى النزعة الشكية فإن إشارتي موجهة في الغالب الأعم إلى إتجاه فلسفي عام أكثر منها إلى رأى محدد مكتمل الأركان. ونتيجة لذلك فإن بعض العارفين العاملين في إطار إحدى هذه النظريات المحددة قد يشعرون أنني أخطأت غايتهم. وأحسب أنه قد جانبهم الصواب في شعورهم هذا، غير أن هذه الدراسة لم تضع في الحسبان مهمة اقناعهم. إذ لو حاولت، لاقتضى ذلك مني كتابا آخر أكبر حجما، ومختلفا

---

(٤) ناقشت هذه العوامل في كتابي: T. S. Kuhn, The Copernican Revolution Planetary Astronomy in The Development of Western thought (Cambridge, Mass, 1957), pp. 122- 32, 270 وعرضت النتائج أخرى الناجمة عن تأثير ظروف الخارجية اقتصادية وفكرية خارجية على التطور العلمي الموضوعي أوضحتها في دراساتي التي تحمل العناوين التالية: Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery," Critical Problems in the History of Science, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis, 1959), pp. 321 - 56 Engineering Precedent for the work of Sadi Carnot," Archives Inter- - nationales d'histoire des sciences, XIII (1960), 247-51; and "Sadi Carnot and the Cagnard Engine Isis, LII (1961), 567 - 74 ولهذا اضع هنا دور العوامل الخارجية في مرتبة أدني فيما يتعلق فقط بالمشكلات التى ناقشتها في دراستي هذه.

تماما عن نوع الكتاب الذي بين يدى القارىء .

وأن المقتطفات المتعلقة بسيرة الحياة التي أوردتها في مستهل هذا التصدير قد تفى بالغرض بشأن الأعراب عن امتنانى إزاء ما أقر بأنني مدين به أساسا لكل من أبحاث فترة المنحة الدراسية وللمؤسسات التي ساعدتني على صياغة فكري في صورة محددة. أما بقية الدين فسوف أحاول أن أرده إلى أهله حين أنوه بهم في الصفحات التالية. بيد أن كل ما قلته قبل ذلك أو بعده لا يعدو أن يكون مجرد إلماحة إلى مقدار وطبيعة ما أنا مدين به شخصيا للكثيرين ممن كان لاقتراحاتهم وانتقاداتهم بين وقت وآخر فضل تعزيز وتوجيه تطوري الفكري. لقد مضى زمن طويل منذ أن بدأت تتشكل تلك الأفكار الواردة في هذه الدراسة. ومن ثم فإن أي قائمة شاملة لأسماء جميع من سيجدون عن حق إشارات تشهد بتأثيرهم بين ثنايا صفحات الكتاب ستكون، هذه القائمة، مساوية لأي قائمة شاملة لأسماء جميع أصدقائي ومعارفي. وإزاء وضع كهذا أجد لزاما على أن أقصر الحديث على القليل من المؤثرات التي هي أهمها قاطبة، والتي لا يمكن أبدا أن تغفلها ذاكرة جلبت على الخطأ والنسيان.

لقد كان جيمس ب. كونانت Conant ، رئيس جامعة هارفارد حينئذ، هو أول من قاد خطواتي إلى تاريخ العلم. وبدأ بذلك التحول في مفهومي عن طبيعة التقدم العلمي. ومنذ أن بدأت تلك العملية كان كريما سخيا معي بأفكاره وانتقاداته ووقته - بما في ذلك الوقت اللازم لقراءة مسودة المخطوط واقتراح تعديلات هامة عليها. وهناك أيضا ليونارد كناش Nash الذي زاملني على مدي خمس سنوات في تدريس المنهج الدراسي ذي التوجه التاريخي الذي بدأه دكتور كونانت. ولقد كان ليونارد ناش رفيق عمل جم النشاط على مدي السنوات التي بدأت تتخلق فيها أفكارى وتأخذ شكلا محددا، وافتقدته كثيرا خلال المراحل الأخيرة من تطور أفكاري هذه. ولكن لحسن الحظ أن مكانه بالنسبة لي كمحاور خلاق يسمعني إلى رجع أفكاري وإلى مدى ما تتمتع به من قبول وفعالية، قد شغله بعد رحيلى عن كامبريدج، زميلى في جامعة باركلي ستانلي كافل Cavell . ومما كان حافزا لي وعامل تشجيع دائم لاينقطع أن كافل هذا، وهو فيلسوف معني أساسا بعلمى الأخلاق والجمال، كان مهيأ للوصول إلى نتائج متسقة تماما مع النتائج التي انتهيت إليها . علاوة على هذا أنه

كان الشخص الوحيد الذي كنت أتمكن من أن أسبر أفكارى معه ومن خلاله وهي لا تزال نوعا من الكلم أو جملا منقوصة غير كاملة. وطبعى أن هذا النوع من التواصل الفكري شاهد على ما تحلي به من صدق فهم مكنه من أن يهديني إلى الطريق لاجتياز أو تجاوز العديد من العوائق الكؤود التي اعترضت سبيلي وأنا أعد المخطوط الأول.

وما أن فرغت من إعداد مسودة هذا النص حتى هم أصدقاء كثيرون آخرون بمساعدتي على صياغتها صياغة جديدة. وأحسب أنهم سيغفرون لي إذا إجتزأت بذكر اسماء أربعة فقط كانت اسهاماتهم أبعد أثرا وأكثر حسما، وهم بول فايرابند Feyerabend بجامعة باركلي، وارنست ناجل Nagle بجامعة كولومبيا و هـ. بيير نويس Nayes من معمل لورنس للاشعاع، وتلميذي جون ل. هيلبرون Heilbron الذي ارتبط بي ارتباطا وثيقا خلال إعداد الصيغة النهائية للمطبعة. وقد وجدت في كل ما أبدوه من تحفظات و إقتراحات عونا كبيرا لي، ولكنني لا أجد من الأسباب ما يدعوني إلى الاعتقاد (وإن كان عندي منها ما يدعوني إلى الشك) بأن هؤلاء أو غيرهم ممن ذكرت أسماءهم من قبل، سوف يرضون عن المخطوط كاملا في صورته النهائية التي انتهى إليها.

وأخيرا أعرب عن اعترافي بفضل أبوي وزوجتي وأطفالي، وهو ما لا بد وأن يكون فضلا من نوع آخر. لقد اسهم كل منهم بما أضاف إلى دراستى هذه من مقومات فكرية، بوسائل ربما أكون أنا آخر من يدركها. ولكنهم أسهموا أيضا، وبدرجات متفاوته، بشيء أجل شأنا. إذ كانوا عونا لى على المضى والإستمرار في عملي، وحثونى على أن أنذر نفسى له. ولا ريب في أن كل من جرب المعاناة في سبيل مشروع مثل مشروعي هذا سوف يدرك مدى ما تكلفوه هم بسببه. ولست أدري كيف أعبر لهم عن امتنانى وشكري.

ت . س . ك

جامعة باركلي ـ كارليفورنيا

فبراير ١٩٦٢



الفصل الأول
مدخل : دور للتاريخ

التاريـخ ، إذا نظرنـا إليه بـاعتباره شيئا آخـر أكثر مـن الحكايـات وسير أحداث الـزمـان في تتابع الأحقـاب ، يمكن أن يـؤدي إلى تحول حـاسم في صـورة العلـم التي نعيش أسري لها الآن . إذ أن تلك الصورة سبق أن استقاها أسـاسا الناس بعامة ، بل والعلماء أنفسهم ، من دراسة الإنجازات العلميـة بعد أن اكتملت وعلى النحو الذي سجلته المراجع الكلاسيكية ثم من بعدها الكتب الدراسية التي يتعلم منها كل جيل جديد من الباحثين العلميين كيف يمارس صنعته . ولكـن غاية هذه الكتب هو حتما الاقناع والتعليم . ومفهوم العلم الذي نستمده منها لن يزيد على الأرجح ، من حيث تطابقه مع المشروع الذي أفضى إليه ، عن الصورة التي تكونها عن ثقافة قومية لبلد ما من خلال كتيب دعاية سياحية أو كتـاب تعليم لغة هذا البلد . وتحاول هذه الدراسة الإبانـة عن أن هذه الكتب قد أضلتنـا من نواح كثيرة أساسية . وغـاية هذه الـدراسة تقديم صورة تخطيطية أخرى عن مفهوم العلم (مخالف تماما لما هو شائع) ، مما يمكن أن نستقيه من السجل التاريخي لنشاط البحث العلمى ذاته .

وحتى لو اتخذنا التاريخ منطلقنا ، فلـن يكشف هذا المفهوم الجديد عن نفسه في يسر وسهولة ، إذا ما ظللنا نلتمس المعطيات التـاريخية ونتفحصها بهدف أساسى هو الإجابـة على أسئلة تفرضها الصـورة العامة النمطيـة والمنافية للتاريخ التى تـزودنا بها كتب تـدريس العلوم . ذلـك لأن هذه الكتب الـدراسيـة على سبيل المثال بـدت في الغالب وكأنها تفيد ضمنا أن محتوي العلم جاء تماما على شاكلة المشاهدات والقوانين والنظريات المعروضة على صفحاتها ، وقاصراً عليها . وتجري دراسة هذه الكتب عادة

وكأنها تقـول إن المنـاهج العلميـة هى فقـط المنـاهج التي تعبر عنهـا طـرائق البحث العلمي التجريبية التي استخدمت لجمع المعلومات التي يعرضها الكتاب الدراسي، علاوة على العمليـات المنطقية المستخـدمة لـربط تلك المعلومـات بالقـواعد العـامة النظرية الواردة في نفس الكتاب. وحصاد هذا مفهوم عن العلم ينطوي على مضامين ذات دلالات عميقة بشأن طبيعة العلم وتطوره.

ولو كان العلم هـو جماع الوقائع والنظريات والمنـاهج التي تشتمل عليها الكتب الشائعة، إذن لكان العلماء هم الرجال الـذين جاهدوا، سواء حالفهم التوفيق أم لا، من أجل الإسهـام بهذا العنصر أو ذاك من مكونـات هذه المجمـوعة المحـددة. وبذا يصبح التطور العلمي هو تلك العملية المؤلفة من أجزاء التي تضاف على مداها تلك الوحـدات، فرادى أو جماعـات، إلى الرصيـد المتنامي دومـا الذي يؤلـف الأساليب التقنية والمعارف العلمية. ويصبح تـاريخ العلم المبحث الذي يحكى وفق تتابع زمني كلا من تلك الإسهـامات والإضافات المتواليـة وكذا العقبات التي عاقـت تراكمها. ويبدو أن المؤرخ المعنى بـالتطور العلمي أمامه مهمتين أساسيتين. فمـن ناحية يتعين عليه أن يحدد من هو الإنسـان الذي اكتشف أو ابتكر الحقيقة العلميـة أو النظرية أو القـانون العلمي في عصر بـذاتـه وفي أي لحظة زمـانيـة تسني لـه هذا الاكتشـاف أو الابتكـار. ويتعين عليـه من نـاحيـة أخـرى أن يصف ويـوضح مجمـوعـة الأغـلاط والخرافات والأسـاطير التي حالـت دون زيادة سرعة تـراكم مكـونات موضـوع العلم الحديث. وقد نحت غالبية البحوث هذا النحو ولا تزال.

ولكن واجـه بعض مؤرخي العلم في السنـوات الأخيرة صعوبـات أخذت تتـزايد باطراد وتحول دونهم والوفاء بالمهـام التي ينيطها بهم مفهوم التطور عن طريق التراكم. واكتشفوا، باعتبارهـم مؤرخين للمراحل الزمنية لعملية تنمو كميـا على نحو تراكمي إن المزيد من البحث يجعل الإجابة أصعب، لا أيسر، على أسئلة مثل: متى اكتشف الأكسجين؟ ومن أول من تصـور فكرة بقاء الطـاقة؟ ويظن البعض منهم أن هـذين السـؤالين ما هما إلا سـؤالين من نوع الأسئلـة التى نخطىء حين نطرحهـا. إذ ربما أن العلم لم يتطور عن طريق تـراكم الاكتشافات والاختراعات الفرديـة. وفي الوقت ذاته

يـواجه هـؤلاء المؤرخـون أنفسهم صعابـا ومشكـلات متـزايدة في سبيل التمييـز بين المركبات العامـة المكون «العلمي» في المشاهدات ومعتقـدات الماضى وبين ما وصفه أسلافهم من قبل وبصورة قاطعة بأنه «خطأ» و«خرافة». وكلما ازدادوا حرصا وتدقيقا في دراستهم مثلا لـديناميكـا أرسطو أو كيميـاء الفلوجستـون كلما ازدادوا شعورا بأن تلك الآراء التى كانت سـائدة يوما ما عن الطبيعة لم تكـن في جملتها أقل علمية ، ولا أكثرطـواعية للطبيعـة الإنسانية من الآراء السـائدة اليوم. وإذا كـان لا بد وأن نصف تلك المعتقدات التي قـدم بها العهد بأنها أسـاطير، إذن فإن المناهج التى أفضت كلى هذه الأساطير والأسباب التي دعت إلى الإيمان بصـدقها هي نفس المناهج والأسباب التى تقـودنا الآن إلى المعـرفة العلميـة. وإذا كـان لزامـا، على العكس من ذلك، أن نـدرجها ضمن مقـولة العلم إذن فإن العلـم قد اشتمل على مجمـوعات من العقـائد المتناقضـة تماما مع العقائد التي نـؤمن بها اليوم. وإزاء هـذين البديلين لا يجد المؤرخ مناصا من اختيار البديل الثاني. أن النظريات البائدة ليست من حيث المبدأ نظريات غير علمية لأننـا نبذناها. بيـد أن هذا الخيار يجعل من العسير علينا أن نـرى التطور العلمى في صورة عمليـة متنامية تـراكميا. وإن البحث التـاريخي الذي يكشف عن مدى الصعوبات التي تـواجه تحديد وفرز الابتكارات والاكتشافات الفـردية هو نفسه الذي يثير فينا شكوكا عميقـة فيما يختص بالعملية التراكمية التي قيل إنها جمعت هذه الإسهامات الفردية في مركب واحد لتؤلف معا العلم.

ومحصلة كل هذه الشكـوك والمشكلات حدوث ثورة تتعلق بالمنـاهج التاريخية في دراسة العلم وإن كانت لا تـزال هذه الثورة في مراحلها الأولى. إذ بـدأ مؤرخو العلم تدريجيا، ودون أن يدركوا في الغالب ما هم بصـدده، يسألون أسئلة من نوع جديد، كما شرعـوا في تتبع تطـور العلوم عبر مسـارات مختلفـة وهي غـالبا مسـارات أقل مـا توصف بـه أنها تراكميـة. وبدلا من أن يسعـوا بحثا عن الإسهامـات الدائمـة لعلوم الأقدمين في سبيل تفوقنا الراهن، نراهم يحاولـون بيان التكامل التاريخي لذلك العلم مع عصره الذي نشأ فيه. إذ نراهم على سبيل المثال لا يسألون عن علاقة آراء جاليليو بآراء العلم الحديث، بل عن العـلاقة بين آرائه وآراء جماعته أي أساتذتـه ومعاصريه

وخلفائه في العلم الـذين جاءوا بعده مباشرة. زد على ذلك إنهم يشـددون على دراسة آراء تلك الجماعة وآراء جماعـات اخى مماثلة حسب وجهة نظـر ـ مخالفة عادة لـوجهة نظر العلم الحديث ـــ تسبغ على تلك الآراء أعلى قدر من التجـانس الداخلي وأقصى قدر من التطـابق مع الطبيعة. وإذا نظرنا إلى العلم من خـلال الأعمال التى صدرت كمحصلة لهذا الجهـد، ولعل أهم ما يمثلها كتـابات الكسندر كـويري، فإن العلم يبدو محاولة مختلفـة تماما عما ألف عرضه كتاب التراث التـاريخي السابقون في كتبهم. إذ توحى هـذه الدراسات التاريخية، ولـو ضمنا على الأقل، بأن ثمة إمكانيـة لوضع صورة جديـدة عن العلم. وتهدف هذه الدراسة التي بين يـدي القاريء إلى أن ترسم بـدقة مـلامح تلك الصـورة من خلال الإفصـاح عن بعض مضـامين منهج التأريخ الجديد.

ما هي أوجه العلم التي ستبرز ويتمخض عنها هذا الجهد؟ أولا، وحسب ترتيب العرض على الأقل، قصور التوجيهات المنهجية عن أن تضع وحـدها نهاية موضوعية وحيـدة لكثير من المسـائل العلميـة. إذ لو طلبنـا من شخص أن يـدرس الظـواهـر الكهـربائيـة أو الكيميائيـة وهو جـاهل بهذين المجـالين ولكنه يعـرف ما هـو النهج العلمي في البحث فإنه قد ينتهى بصورة منطقيـة إلى أي نتيجة من النتائج المتضاربة. ومن بين هذه النتائج الممكن منطقيا نجد أن النتـائج الخاصة التي انتهى إليها إنما قد تحددت بفعل خبرتـه السابقـة في مجالات أخرى، وفي ضوء الأحـداث العارضـة التي صادفتـه في بحثه وكـذلك تكـوينه الفردي المميـز. ترى مـا هي المعتقـدات الخاصة بـالنجـوم، على سبيل المثـال، التي ينقلهـا إلى دراسة الكيميـاء أو الكهـربـاء؟ وأي التجارب الوثيقة الصلـة بالمجال الجديد يختارها دون سـواها من بين التجارب الكثيرة التى يمكن تخيلها ليجريها أولا قبل غيرها؟ وما هـي أوجه الظاهرة المركبة التى نتجت بين يديه تستوقفه باعتبارها وثيقـة الصلة بخاصة لتوضيح طبيعة التغير الكيميائي أو طبيعة التجاذب الكهربائي؟ إن الإجابة على أسئلة كهذه، بالنسبة للفرد على الأقل، وبالنسبة للمجتمع العلمي أحيانا، غالبا ما تكون محددات أساسية للتطور العلمي. وسوف نـلاحظ على سبيل المثال في الفصل الثاني أن المراحل التطـورية الأولى لأغلب

العلوم اتسمت بالتنافس المتصل بين عدد من المفاهيم المتمايزة عن الطبيعة، كل منها مستمد جزئيا مما يمليه المنهج والمشاهدة العلميين، كما وأنها جميعها على وجه التقريب متسقة معهما. وإن ما مايز بين هذه المدارس المختلفة ليس خطأ هذ المنهج أو ذاك ــ فجميعها «علمية» ـ بل مايز بينهاما سوف نسمية فيما بعد سبلها غير القياسية في النظر إلى العالم وممارسة العلم فيه. ويمكن للملاحظة والخبرة، بل ويجب عليهما، أن يقيدا وبشدة تطابق المعتقدات العلمية المسموح بها وإلا فلن يكون ثمة علم. ولكن ليس بإمكانهما وحدهما أن يحددا مجموعة خاصة من هذه المعتقدات. إذ من الواضح أن ثمة عنصر تحكمي ناجم عن عوارض شخصية وتاريخية، ويعتبر دائما وأبدا أحد المقومات التكوينية للمعتقدات التي تؤمن بها جماعة علمية محددة في زمن بذاته.

غير أن هذا العنصر التحكمي لا يعني أن جماعة علمية يمكنها أن تعمل وتؤدي دورها بدون مجموعة ما من المعتقدات المعترف بصحتها. كما وأنه لايغض من شأن مجموعة الأفكار الخاصة التي تلتزم بها في الواقع الجماعة العلمية في فترة زمنية بعينها. إذ نادرا ما يبدأ البحث الحقيقي قبل أن يرى الفريق العلمي أنه تلقى إجابات جازمة على أسئلة مثل: ما هي الكيانات الأولية التي يتألف منها الكون؟ كيف تتفاعل هذه الكيانات مع بعضها البعض وكيف تؤثر على الحواس؟ ما هي الأسئلة المشروعة التي يحق لنا أن نسألها عن هذه الكيانات؟ وما هي التقنيات المستخدمة بحثا عن الحلول؟ أن الإجابات (أو البدائل للإجابات) على أسئلة كهذه في العلوم التي اكتمل نضجها على الأقل، إنما تكمن تماما في التلقين التربوي الذي يهيء الطالب ويجيز للممارسة المهنية وتخصصه. ونظرا لأن هذا النظام التربوي التعليمي يتسم بالجمود والتزمت معا، فإن هذه الإجابات تنحو نحو فرض سطوة قوية خفية على العقل العلمي. وأن قدرتها على فرض هذه السطوة هى أحد الأسباب الرئيسية للفعالية الخاصة المميزة لنشاط البحث العادي التقليدي أو القياسي ومسار تطوره في أي لحظة زمنية. وسوف نجد أنفسنا، ونحن في معرض دراستنا للعلم القياسى أو العادي التقليدي في الفصول ٣ و٤ و٥ أننا بحاجة في النهاية إلى وصف هذا الضرب من البحث بأنه محاولة

عنيدة ومتفانية لوضع الطبيعة قسرا في الأطـر المفاهيمية التي زودنا بها النظام التربوي التعليمي. وسوف نتساءل في الـوقت ذاته عما إذا كان كان بإمكـان البحث أن يتقدم بدون تلك الأطـر أيا كان عنصر التحكميـة في أصول النشأة التاريخيـة وأيضا فيما تبع ذلك من تطورات.

أما عن عنصر التحكمية هـذا فإنه قائم فعلا، ولـه أثره الكبير والهام على التطور العلمي وهذا ما سوف ندرسه باستفاضة في الفصول ٦ و٧ و٨. إن العلم القياسي* هو النشاط الذي يرصد له العلماء جل وقتهم ويقوم على افتراض إن المجتمع العلمي يعرف صورة العالم. ويتوقف القـدر الأكبر من نجاح المشروع على رغبة هذا المجتمع في الدفـاع عن هذا الافتراض، حتى ولـو كلفه ذلك كثيرا عنـد الضرورة. مثال ذلك أن العلم القياسي غـالبا ما يقمع الإبداعـات الجديدة الأساسية لأنها تـدمر بالضرورة التزامـاته واعتقاداته الـراسخة. ومع ذلك فمادامت تلك الالتزامـات محتفظة بعنصر التحكمية فإن طبيعـة البحث القياسي ذاتها كفيلة بألا تبقى الجدة طـويلا تحت وطأة القمع. ويحدث أحيانا أن إحدى المشكلات العـادية والتي ينبغى حلها وفق القواعد

---

* Normal Science العلم القياسي أو العلم العـادي أو التقليدي وكلهـا بمعني إلى حد كبير مع فـوارق طفيفة وإن كـان الاستخدام الغـالب هنـا «العلم القياسي» وقـد آثـرت صفة «القيـاسي» لأسباب: فالعلم العادي هو ما ألفه البـاحثون وجرت العادة به. إلا أن كلمة «عادى» تعنى من بين ما تعنى التلقائية والانصراف عن إعمال العقل في مدلـول السلوك وظاهره. هذ فضلا عن أن صفـة «عادي» بـاتت على الألسن تحمل الـذهن على التفكير في أن المقـابل هو «المتميـز». . . . والعلم التقليدي حيث «التقليد» هـو الموروث الذي يتجه الناس ويحاكونـه قولا أو فعلا من غير حجة ولا دليل، ويسير فيـه الخلف على نهج السلف زمانا، وكما ذهبت المعاجم فإن التقليـد ما انتقل إلى الإنسان مـن آبائه ومعلميه ومجتمعـه من العقائد والعـادات والعلوم والأعمال وتـوارثتها الأجيـال خلفا عن سلف مسطـورة أو غير مسطـورة ومترسبة في الـوجـدان. وقد شـاع استعمال التقليـد بمعني التراث وما لـه من بعد زمـاني عميق. . . والعلم القيـاسي هو أقـرب المعاني لغـة لمقصـد المؤلف: نقـول قيـاس الشيء بغيره أو على غيره بمعنى قـدره على مثـالـه، ومن ثم تحمل الكلمة معنى المطـابقة والمماثلة وتنطوي على وعي وإعمال عقل. والقيـاس في الفكر (في الفلسفة أو الفقه) حمل فرع على أصل لعلة مشتركة بينهما، وهـذا هو أقرب المعاني إلى قصد المؤلف، حيث أنه يسوق عبارة العلم القياسي بمعنى البحث الملتزم بحدود وإطار نموذج إرشادي معترف به بين الباحثين المتخصصين في مجال علم بذاته، وأي خروج عن هذا الإطار نشوز وشذوذ يفضي تكراره إلى الشعور بأزمة أي يكـون بداية لأزمة تنتهي بتحـول ثوري في هذا الإطار المرسـوم. فالعلم هنا يجري قياسا على قواعد وحدود مرسومة مسبقا ضمن الإطار. (المترجم).

والتدابير المعروفة، تقاوم الهجمات المتكررة من جانب أقدر أعضاء الجماعة المنوط بهم أمر تحديها. ويحدث في مناسبات أخرى أن إحدى التجهيزات المعدة خصيصا للوفاء بأغراض البحث العادي تخفق في تحقيق النتائج المرجوة منها كاشفة عن شذوذ لا يجدى معه أي جهد لملاءمته مع ما هو مرتقب من جانب الباحثين المتخصصين. وعلى هذا النحو، وكما يحدث بوسائل أخرى كثيرة، يشذ العلم القياسى ويخرج عن الطريق. وعندما يحدث ذلك ـ أى عندما يتعذر على أهل العلم إغفال مظاهر الشذوذ لفترة أطول من ذلك وقد باتت تنذر بهدم التقليد الراسخ للممارسة العلمية ـ هنا تبدأ البحوث غير المألوفة والتى تهدى أهل العلم في آخر المطاف إلى مجموعة جديدة من المعتقدات، أي إلى أساس جديد لممارسة العلم في التطبيق العملى. وهذه السلسلة من الأحداث الخارجة عن المألوف والتى تقع خلالها تلك النقلة المتمثلة في تعديل الاقتناعات لدى أهل الاختصاص هي الأحداث التي تصفها هذه الدراسة بأنها ثورات علمية. إنها ثورات تزلزل التقليد، وتكمل النشاط المرتبط بتراث العلم القياسي.

ونجد أوضح أمثله على الثورات العلمية في تلك الأحداث الشهيرة التي عرفها التطور العلمي وسبق وصفها في الغالب بأنها ثورات. ولهذا فإننا في الفصلين التاسع والعاشر، حيث نلقى لأول مرة نظرة مباشرة ومدققة على طبيعة الثورات العلمية، سوف نعرض مرة بعد أخرى لنقاط التحول الأساسية والحاسمة في التطور العلمي والتي اقترنت بأسماء كوبرنيكوس ونيوتن ولافوازييه واينشتين. ولعل نقاط التحول هذه تفضل كثيرا غالبية الأحداث الأخرى التى شهدها على الأقل تاريخ العلوم الطبيعية لبيان حقيقة الثورات العلمية جميعها. فإن كل حالة من تلك الحالات حتمت على المجتمع العلمي رفض إحدى النظريات العلمية التي تحظى بالتكريم في عصرها، وذلك لحساب نظرية أخرى مناقضة لها. وأدى كل منها إلى حدوث تحول هام في المشكلات المطروحة للبحث العلمي وفي المعايير التي يحدد بمقتضاها رجال العلم ما ينبغى أن يروه كمشكلة مجازة أو كحل مشروع لها. وأحدث كل منها تحولا في الخيال العلمي وفق أساليب سوف نحتاج في نهاية المطاف إلى وصف هذا

التحول بأنه تحول للعالم والذي يدور في إطاره النشاط العلمي. ومثل هذه التحولات ومـا يقترن بها دائما على الأرجح من جـدل وخـلاف فى الرأي هي الخصـائص المميـزة للثورات العلمية.

وتظهر هذه الخصائص أوضح ما تكون من خلال دراسة الثورة النيوتونية أو الثورة الكيميـائية على سبيل المثـال. بيـد أن من الأطروحـات الأساسيـة في هـذه الدراسـة مايقضي بأن بالإمكان تبيان تلك الخصائص من خلال دراسة أحداث أخرى كثيرة لم تكن بنفس القـدر من الوضـوح من حيث طـابعها الثـوري. فقـد كانت معـادلات ماكسويل ثورة بنفس قدر معادلات انيشتين بالنسبة للحلقة الضيقة من فريق العلماء الذين تأثروا بها وأثارت نفس القدر من المقاومـة. وأن ابتكار نظريات أخرى جديدة من شأنـه أن يستثير عـادة وعلى نحـو مـلائم ذات الاستجـابـة مـن جـانب بعض المتخصصين ممن يـرون أنها تتعـارض مع مجالات تخصصهـم. ففي نظـر هـؤلاء أن النظرية الجديدة تعني ضمنا تحولا في القـواعد التي تحكم ممارسة العلم القياسي حتى وقت صدورها. وأنها بـالتالي تؤثر حتما على القسط الأكبر من النشـاط العلمي الذي أتموه هم بنجـاح. وهـذا هو السبب في أن كل نظـريـة جـديدة، ومهما كـان نطـاق تطبيقها متخصصا، ليست أبـدا، أو نادرا ما تكون مجرد إضافة كميـة لما هو معروف مسبقا. ويستلزم استيعابها تجديد بناء النظرية السابقة عليها، كما يقتضي إعادة تقييم الوقائع السابقـة وهو ما يعني عملية ثورية أصيلة نـادرا ما تكتمل على يد رجل واحد أو أن تتم فجأة بين عشية وضحاهـا. ومن ثم فلا عجب إذ يواجه المؤرخـون صعوبة في تحديد تاريخ دقيق لبـداية هذه العملية الممتـدة، وأن تضطرهم مفردات لغتهم إلى النظر إليها باعتبارها حدثا منعزلا

وليست ابتكارات النظريات الجديدة هي الأحـداث العلمية الوحيدة التي لها أثر ثوري على الاخصائيين الذين يشهد مجال تخصصهم وقائع تلك الابتكارات. ذلك أن الالتـزامـات التي تحكم العلـم القيـاسي لا تحدد فقط أي الكيـانـات يشتمل عليهـا الكون، بل تشير ضمنا أيضا إلى الكيـانات التي لا يشتمل عليها. ويلزم عن ذلك، وأن كانت هذه نقطة ستحتاج منا إلى مناقشة مستفيضة، أن اكتشافا ما مثل اكتشاف

الأكسجين أو الأشعة السينية ليس مجرد إضافة بند جديد إلى عناصر دنيا أي عالم من العلماء. إن لـه في نهاية المطـاف ذلك التأثير، ولكن ليس قبل أن يعيـد مجتمع العلم تقييم الإجـراءات التجريبيـة التقليدية، فيغير مـن فهمه للكيانـات التي ألفهـا زمنا طويلا، ويحول من خلال هذه العملية شبكـة النظريات التي يتعامل من خلالها مع العالم. إن الحقيقة العلمية والنظرية العلميـة غير قابلتين للانفصال بصورة مطلقة إلا على الأرجح داخل إطار تقليد خـاص للممارسة العلمية القياسيـة. وهذا هو السبب في أن الاكتشـاف الـذي يأتي عن غير تـوقع يصطبغ بأهميـة تتجـاوز الوقـائع. وهـو السبب أيضا في أن دنيا العالم البحاثة تتحول كيفيا مثلما تثري كميا بفضل الإبداعات الإساسية في مجال الواقع والنظرية على السواء.

هذا الفهم الموسع لطبيعـة الثورات العلميـة هو ما سـوف نعرضـه في الصفحات التالية. ومن المسلـم به أن التوسع يطغى على حدود الاستعمال المتعـارف عليها. بيد أنني سوف أواصل الحديث مع هذا عن الاكتشافات باعتبـارها أحداثا ثورية، ذلك لأن إمكانية ربط بنيتها ببنيـة الثورة، ولنقل مثلا بالثورة الكوبـرنيكية، هي تحديدا ما يجعلني أرى الفهم الموسع أمـرا غـايـة في الأهمية ويبين الحوار السـابق على أي نحـو سنعرض في الفصول التسع التـالية بعد ذلك مباشرة المفـاهيم المكملة للعلم القياسي وللثورات العلمية وسنحـاول في الجزء الباقي من الدراسة أن نحسم المسـائل الرئيسية الثلاثة المتبقية. ففي الفصل الحادي عشر سننـاقش تراث الكتاب الدراسي، وسوف نحاول من خلال هذا النقاش أن نفهم لماذا كان من الصعوبة بمكان في الماضي تبيان الثورات العلمية. ونعرض في الفصل الثاني عشر التنـافس الثورى بين أنصار التقليد العلمي القياسي القـديم وبين دعاة النظريـة الجديدة، ومن ثم فهو ينظـر في العملية التي يمكن لها بصـورة أو بأخـرى أن تبـدل، في المجـال النظـري للبحث العلمي إجـراءات الإثبات أو الـدحض التي أضحت مألـوفـة لنا نتيجـة صـورة العلم التي اعتدناها. إن التنـافس بين قطاعات المجتمع العلمي هو العملية التـاريخية الوحيدة التي تفضي عمليا دائما وأبدأ إلى رفـض نظرية كانت موضـوع قبول وتسليم في الماضي وإقرار نظرية أخرى. وهناك أخيرا الفصل الثالث عشر والذي نسأل فيه عن الكيفية

التي يكون بها التطور من خلال الثورات متسقا مع الطابع الفريد الظاهر للتقدم العلمي. غير أن دراستنا لن تقدم إجابة على هذا السؤال سوى خطوطا عامة عريضة، وهي إجابة تعتمد على خصائص المجتمع العلمي، ومن ثم فهي بحاجة إلى مزيد من الاستكشاف والدراسة.

لا ريب في إن بعض القراء قد تساءلوا فيما بينهم وبين أنفسهم عما إذا كان يمكن للدراسة التاريخية أن تحدث مثل هذا النوع من التحول المفاهيمي المستهدف هنا. إن ثمة ترسانة كاملة من التقسيمات الثنائية للأنواع تفيد بأن ليس بالإمكان ذلك على نحو ملائم تماما. وكثيرا ما تردد القول إن التاريخ مبحث وصفي خالص. غير أن الأطروحات التي أسلفنا الإشارة إليها هي في الغالب أطروحات تأويلية، كما وأنها معيارية أحيانا. وأعود لأقول ثانية إن الكثير من التعميمات التي انتهيت إليها تدخل في الدراسة الاجتماعية (سوسيولوجيا) أو الدراسة النفسية الاجتماعية عن العلماء. ومع هذا فإن بعض النتائج التي توصلت إليها على الأقل تدخل تقليديا ضمن مبحث المنطق أو نظرية المعرفة. بل ربما أبدو في الفقرة السابقة وكأنني خرجت عن النهج العصري، وهو نهج واسع النفوذ، والذي يمايز بين «سياق الاكتشاف» وبين «سياق التبرير». ترى هل يمكن أن يدل هذا المزيج من المجالات والاهتمامات المتباينة على أي شيء آخر أكثر من التشوش العميق؟

إنني وقد بدأت حياتي الفكرية، أو فطمت فكريا على هذه التمايزات وعلى تمايزات أخرى مماثلة لها، وجدت عسيرا جدا عليّ أن أكون أكثر وعيا بأهميتها وقوتها. لقد نظرت إليها سنوات طويلة باعتبار أنها أمر يتعلق بطبيعة المعرفة. ولا أزال أعتقد، وهو اعتقاد صيغ في صورة جديدة ملائمة، إنها تنطوي على شيء هام تفيدنا به. غير أن محاولاتي لتطبيقها، ولو إجمالا، على المواقف الفعلية التي هي مصدر المعرفة التي نكتسبها ونقبلها ونتمثلها، قد جعلتها تبدو في صورة إشكالية غير عادية. فبدلا من أن تكون تمايزات أولية منطقية أو منهجية، ومن ثم تكون بوصفها هذا سابقة على تحليل المعرفة العلمية، إذا بها تبدو الآن جزءا لا يتجزأ من مجموعة تقليدية من إجابات أساسية على ذات الأسئلة التي بنيت عليها. وليس من شأن هذا

الوضع الـدوراني في التفكير أن ينسخها أو يسقط عنها بعض قيمتهـا على الاطلاق، بل إنـه يجعلهـا عناصر من نظـريـة. وهـو حين يفعل هـذا يخضعها لـذات عمليـة الفحص والتـدقيـق التي تخضع لها بصـورة منتظمـة النظـريـات في مجالات البحث الأخرى. وإذا انطـوى محتواهـا على ماهو أكثـر من التجريـد المحض فسوف يصبح لزاما علينـا اكتشاف ذلك المحتوى عن طريق مـلاحظتها في ضوء مطابقتهـا للوقائع التي تستهـدف هي تـوضيحهـا. والسؤال كيف يعجـز تـاريخ العلم عن أن يكـون مصدرا للظواهر التي يمكن أن نلتمس بصورة مشروعة تطبيق نظريات المعرفة عليها؟



الفصل الثانى
السبيل إلى علم قياسي

عبارة «علم قياسي» في هذه الدراسة تعني البحث الذي رسخ بنيانه على إنجاز، أو أكثر، من إنجازات الماضي العلمية. وهي إنجازات يعترف مجتمع علمي محدد، ولفترة زمنية، بأنها تشكل الأساس لممارساته العلمية مستقبلا. وتعيد اليوم كتب العلوم الدراسية، الأولية منها والمتقدمة، عرض هذه الإنجازات، ولكنها نادراً ماتعرضها في صورتها الأصلية التي نشأت عليها. فهذه الكتب الدراسية تشرح مجمل النظرية المتفق عليها، وتوضح الكثير من تطبيقاتها الناجحة، أو جميع هذه التطبيقات، وتقارنها بمشاهدات وتجارب كنماذج لها. وقبل أن تصبح هذه الكتب أمرا شائعا في مطلع القرن التاسع عشر (بل وحتى عهد قريب جدا بالنسبة للعلوم التي اكتمل نضجها حديثا)، كان الكثير من الكلاسيكيات العلمية الشهيرة هي التي تقوم بمثل هذا الدور. فهناك كتاب «الفيزيقا» لأرسطو وكتاب «المجسطي» لبطليموس وكتاب «أسس الرياضيات» أو «البرنكيبيا» وكتاب «البصريات» لنيوتن، وكتاب «الكهرباء» لفرانكلين و«الكيمياء» تأليف لافوازييه و«الجيولوجيا» تأليف ليبل. فهذه الكلاسيكيات وكثير غيرها أفادت الأجيال التالية من المشتغلين بالعلم وعلى مدى حقبة طويلة من الزمن في تحديد المشكلات والمناهج الحقيقية لأحد مجالات البحث العلمي. واستطاعت أن تقوم بهذه المهمة لأنها جمعت بين خاصيتين جوهريتين. كانت إنجازاتها عظيمة الشأن غير مسبوقة مما يؤهلها لكسب أنصار دائمين لها وصرفهم عن أساليب أخرى منافسة لها في النشاط العلمي. وكانت في الوقت ذاته مفتوحة رحبة لم تزعم أنها فصل الخطاب بل فتحت الباب لجميع أنواع المشكلات لكي يتولى حلها فريق المشتغلين بالعلم بمفهومه الجديد.

وسـوف أشير من الآن فصـاعـدا إلى الإنجـازات التـي تجمع هـاتين الخاصيتين بـوصفهـا «نماذج إرشـادية». ويـرتبط هـذا المصطلح ارتبـاطـا وثيقـاً بعبـارة «العلم القياسي». وحين آثـرت هذا المصطلح قصـدت إلى القول بـأن بعض الأمثلة المقبـولة للممارسـة العلمية ــ الأمثلة التي تشتمل معـا على القـانون والنظـرية والتطبيق وطـرق استخدام الآلات ـ تعطينا نماذج تنبع منها تقاليد متجانسة ومتميزة للبحث العلمي. وهذه هي التقاليـد التي يعرفها المؤرخون تحت عنـاوين مثل «الفلك عند بطليموس» (أو عند كوبرنيكـوس) و«الديناميكا عند أرسطو» (أو دينـاميكا نيوتن) و«البصريات الجسيمية» (أو «البصريـات الموجية»)... الخ. وأن دراسـة النماذج، بما في ذلك الكثير منها الذي يتميز بأنه أكثر تخصصـا من تلك النماذج التي أسلفنا ذكرها بقصد التـوضيح، هي التي تفيـد أساسـا في إعـداد الطالب ليكـون أهـلا لعضـوية أحـد المجتمعـات العلميـة المتميـزة التي ســوف يمارس صنعتـه أو تخصصـه من خـلالها مستقبلا. ونظرا لأنه يرتبط في هذه المجتمعـات برجال درسوا واستوعبوا الأسس التي يقـوم عليها مجال تخصصهم من خـلال هـذه النماذج الموضوعيـة ذاتها، فإن ممارستـه للعلم فيما بعد لن تؤدى، إلا نادراً، إلى أي اختـلاف صريح بشأن المبادىء الأولية، فإن البـاحثين الذين يـركزون أبحـاثهم على نماذج مشتركة فيما بينهم ملتـزمون بـذات القواعد والمعايير للممارسة العلميـة. وهذا الالتزام، وما ينجم عنه من إجماع واضح في الرأي، يمثلان الشروط الأولية للعلم القياسي، أعنـي شروط نشوء واستمرارية تقليد بحثي بذاته.

وحيث أن مفهوم «النموذج الإرشادي» في هذه الدراسة سيكون في الغالب بديلا عن مجموعـة متنوعة من الأفكـار العامة المألـوفة لذا نجـد لزاما أن نفيض في حـديثنا لبيان أسباب استخدام ذلك المفهوم. لماذا يكون الإنجاز العلمي المحدد، وكأنه مركز التقاء مهني، سابقـا على مختلف المفاهيم والقوانين والنظريـات ووجهات النظر التي يمكن استخـلاصهـا منـه؟ وبأي معنى يشكل النمـوذج الإرشـادي المشترك وحـدة أسـاسية لـدارسي التطور العلمي، وحـدة لا يمكن ردها كـاملة إلى مكـونات ذريـة منطقيـة يمكن أن تحل محلها وتعمل بـديلا عنهـا؟ سوف نلتقي بهذين السـؤالين في

الفصل الخامس حيث نـرى أن الإجابة عليهما وعلى أسئلـة أخرى غيرهما ومماثلة لهما تمثل ركيزة أساسية لفهم كل من العلم القياسي ومفهـوم النماذج الإرشادية المقترنة به. وهذا بحث يغلب عليه الطـابع التجريدي ولكنه رهن بما نعرضه بـداية من أمثلة عن العلم القياسي أو عن النماذج الإرشادية وهي في مـوضع التطبيق. وسوف نعني بوجه خـاص بتـوضيح كل من هـذين المفهـومين المترابطين وذلك عن طـريق الإبـانـة عن إمكـانية وجـود نوع من البحث العلمـي بدون نماذج إرشـادية، أو على الأقل بـدون نماذج إرشاديـة ملزمة مثل تلك التي أسلفنا ذكـرها. إن الوصول إلى نمـوذج إرشادي وإلى مـا يتيحه من نمط للبحث أشـد تخصصـا هو عـلامة نضج في تطـور أي مجال علمي محدد.

وإذا تتبع المؤرخ في اتجاه عكسي نحو الماضي تاريخ المعارف العلمية لأي مجموعة مختارة من الظـواهر المترابطة فإنـه قد يصادف على الأرجح ضربـا ثانويـا مختلفا لنمط عملية استشهدنا بها هنا من تاريخ البصريات الطبيعية. فإن كتب الفيزياء الدراسية المتداولة اليوم تقول للطالـب إن الضوء عبارة عن فوتونات أي كيانات ميكانيكية كمية «كـوانطيـة» تكشف عن بعض خصـائص الموجات وبعض خصـائص الجزئيـات. ويمضي البحث قـدمـا على هـذا النسق، أو بمعنى أصـح على نسق التشخيص الرياضي والأكثر دقـة وإحكاما والذي استقى منه الباحثـون هذا التعريف المألوف. بيد أن هذا الوصف لخصائص الضوء هو وصف قديم مضى عليه قرابة نصف قرن. وقبل أن يستحـدث مـاكسي بلانك واينشتين وغيرهما هـذا الـوصف في مطلع القـرن العشرين، كانت كتب الفيـزياء تعلم الطلاب أن الضوء حـركة موجية مستعـرضة. وهـذا التصور نـابع من نموذج إرشـادي مستمد أسـاسا من كتـابات كل من يـونج وفريزنل عن البصريـات في أوائل القرن التاسع عشر. ولم تكن أيضاً النظـرية الموجية هي أول مـا استـوعبـه جـل المشتغلين بعلم البصريـات. إذ أن النمـوذج الإرشـادي الخاص بهذا المجال في القرن الثامن عشر كان النموذج الإرشادي الذي صاغه كتاب «البصريات» تأليف نيوتن والذي يعلم الطلاب أن الضوء جسيمات مادية. والتمس علماء الطبيعة آنـذك الدليل على ذلك، وهـو ما لم يفعله أصحـاب النظريـة الموجية

الأوائل، من الضغط الذي تكشف عنه جزيئات الضوء عند ملامستها للأجسام الصلبة [1].

هذه التحولات التي تعاقبت على النماذج الإرشادية لعلم البصريات هي ثورات علمية. والانتقال المتعاقب من نموذج إرشادي إلى آخر من خلال ثورة هو النمط العادي لتطور العلم الناضج. ولكنه ليس هو النمط المميز لحقبة ما قبل جهود نيوتن. وهذا هو التقابل الذي يعنينا هنا. إننا لو تأملنا التاريخ فيما بين الماضي البعيد ونهاية القرن السابع عشر فلن نجد أي فترة زمنية قد شهدت اتفاقا عاما في الرأي بشأن طبيعة الضوء. بل نجد بدلا من ذلك عددا من المدارس الكبرى والمدارس الفرعية المتنافسة وقد زاوجت غالبيتها بين نوع وآخر من نظريات أبيقور أو أرسطو أو أفلاطون. ذهب فريق إلى أن الضوء جزئيات تنبعث من أجسام مادية، واعتقد فريق آخر أن الضوء تعديل في الوسط الواصل بين الجسم والعين، بينما فسر فريق ثالث الضوء على أساس أنه تفاعل بين الوسط المحيط وبين انبعاث صادر عن العين، هذا علاوة على توليفات وتعديلات أخرى. واستمدت كل مدرسة قوتها من خلال ارتباطها بمذهب ميتافيزيقي محدد. واستندت كل منها على مشاهدات مبنية على نموذج إرشادي للتأكيد على مجموعة بذاتها من الظواهر البصرية التي يتسنى لنظريتها الخاصة أن تفسرها على نحو أفضل من سواها. وهناك مشاهدات أخرى رؤي أنها تفصيلات معقدة خاصة بالموضوع، أو أنها بقيت كمشكلات معلقة لحين إجراء المزيد من البحث [2].

وقدمت جميع هذه المدارس في أزمنة مختلفة إسهامات جليلة أضافتها إلى مجموع المفاهيم والظواهر والتقنيات التي استمد منها نيوتن النموذج الإرشادي الأول لعلم البصريات الطبيعية والذي حظي بموافقة إجماعية على وجه التقريب. وإن أي تعريف لمعنى الباحث العلمي يستبعد أكثر أعضاء هذه المدارس المختلفة إبداعا سوف يستثني بالمثل خلفاءهم المحدثين. فلقد كان هؤلاء الرجال علماء. ومع هذا فإن أي باحث يتأمل عرضا استقصائيا لعلم البصريات الطبيعية قبل نيوتن قد ينتهي

(١) Joseph Priestley, The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours (London, 1772), pp. 385-90.

(٢) Vasco Ronchi, Histoire de la lumière, trans. Jean Taton (Paris, 1956),.

إلى القول بأنـه على الرغم من أن المشتغلين في هذا المجال كـانوا علماء، إلا أن النتيجة الخالصـة لنشـاطهـم لم تكن من العلم في شيء. ونظـرا لأن أي بـاحث في مجال البصريـات الطبيعية لا يسعـه أن يأخذ بأي مجمـوعة من المعتقـدات المشتركة مأخـذ التسليم لـذا يجد نفسه مجبرا على أن يبـدأ بنـاء مجال بحثه من أسـاسيـاته الأوليـة من جـديد. وحين يفعل ذلك يشعـر بقـدر من الحرية النسبيـة في اختيـار المشاهـدات والتجارب التي تعزز نظريتـه طالما لا توجد مناهج بحث معيارية أو ظـواهر معيارية يتعين على كل مؤلف في البصريـات الالتزام بها وتفسيرها. ومن ثم، وفي ضـوء هذه الظروف، كـان الحوار الذي تضمنتـه الكتب التي تألفت نتيجـة لذلك، مـوجها في الغالب الأعم إلى أعضاء المدارس الأخـرى بقدر ماهو موجـه إلى الطبيعة. وهذا نمط مألـوف في أيـامنـا هـذه في عـدد من مجالات البحث الإبـداعي، فضـلا عن أنـه لا يتعارض مع أي اكتشـاف أو إبداع هام. ومع هـذا فإنه ليس هو نمط التطـور الذي سـارت عليه البصريـات الطبيعيـة بعد نيـوتن والـذي جعلت منـه العلوم الطبيعيـة الأخرى اليوم نمطاً مألوفاً.

ويقـدم لنـا تاريخ البحث العلمـي في مجال الكهربـاء خـلال النصف الأول من القرن الثامن عشر مثالا أكثر تحديدا وشيوعا عن السبيل التي يتطور من خلالها العلم قبل التوصل إلى أول نموذج إرشادي مقبـول ومعترف به من الجميع. إذ شهدت هذه الفترة الكثير من الآراء عن طبيعـة الكهـرباء بقـدر مـا شهدت مـن أعداد البـاحثين البـارزين التجريبيين في مجـال الكـهـربـية. فقـد كان هنـاك رجـال مـن أمثـال هوكسبي (Hauksbee) وجراي (Gray) وديزاجوليير (Desaguliers) ودي فاي (Du fay) ونوليه (Nollett) (وواطسن (Watson) وفرانكلين (Franklin) وغيرهـم. وكان هنـاك شيء مشترك بين جميع ما قـدموه من مفـاهيم عديـدة عن الكهربـاء ـ إذ كانت مستمـدة جزئيـا من صيغة أو أخرى من صيغ الفلسفـة الجسيمية الميكـانيكية التي استرشدت بها جميع البحوث العلمية وقتذاك. علاوة على هذا أنها كانت جميعها من مكونات نظريات علمية حقيقية، أي نظريات تم التوصل إليها جزئيا عن طريق التجربـة والمشاهدة، فضـلاً عن أنها حددت جـزئيا أيضاً اختيـار وتفسير مشكلات جديـدة إضافية اضطلع بها البحث. ولكن على الرغم من أن جميع التجـارب كانت

خاصة بالكهربية، وعلى الرغم من أن غالبية الباحثين الذين أجروا التجارب قد اطلعوا على مؤلفات بعضهم بعضا، إلا أن نظرياتهم لم يكن بينها وبين بعضها من شبه يتجاوز الشبه بين أفراد الأسرة الواحدة (٣) .

لقد كانت إحدى مجموعات النظريات الأولى التي ظهرت عقب ممارسات القرن السابع عشر تعتبر التجاذب في الكهرباء الاستاتيكية وتوليد الكهرباء عن طريق الاحتكاك بين الظاهرتين الأساسيتين. واتجهت هذه المجموعة إلى اعتبار التنافر كنتيجة ثانوية ناتجة عن نوع من الارتداد الميكانيكي، كما رأت أن ترجىء إلى أطول مدى ممكن الحوار أو البحث المنهجي بشأن النتيجة التي اكتشفها حديثا «جراي» وهي التوصيل الكهربي. واعتبر «الكهربائيون» (وهذه الكلمة اصطلاح أطلقوه هم على أنفسهم) التجاذب والتنافر على السواء مظهرين أوليين من مظاهر الكهرباء، ومن ثم عمدوا إلى تعديل نظرياتهم وأبحاثهم بما يتفق مع هذا الرأي. (وواقع الأمر أن هذه المجموعة صغيرة العدد جدا - بل إن نظرية فرانكلين لم تفسر بوضوح تام التنافر المتبادل بين جسمين بهما شحنة كهربية سالبة). ولكنهم واجهوا صعوبات بنفس القدر الذي واجهته المجموعة الأولى عندما عمدوا في ذات الوقت إلى تفسير نتائج التوصيل الكهربي، باستثناء أبسط أشكاله. ولكن تلك النتائج هيأت لجماعة علمية ثالثة نقطة الانطلاق التي تبدأ منها، وهذه جماعة اتجهت إلى الحديث عن الكهرباء باعتبارها «سيال» يمكن أن يسري عبر موصلات وليست بخارا يفوح أو ينبعث من غير الموصلات. وواجهت هذه الجماعة العلمية بدورها صعوبة خاصة

(٣) Duane Roller and Duane H.D. Roller, The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb ("Harvard Case Histories in Experimental Science," Case 8; Cambridge, Mass., 1954); and I. B. Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia 1956), chaps. vii-xii.

وبالنسبة لبعض التفصيلات التحليلية الواردة في الفقرة التالية من النص اراني مدينا بها إلى دراسة لاتزال غير منشورة كتبها تلميذي John L.Heilbron . وإلى أن يتم نشرها يجد القارىء عرضا أكثر تفصيلا وتحديدا لظهور نموذج فرانكلين في كتاب Kuhn, "The Function of Dogma in Scientific Research," in A. C. Crombie (ed.), "Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9-15, 1961,"
وسوف تنشره دار هاينمان للنشر ضمن سلسلة كتبها التعليمية.

بالتوفيق بين نظريتها وبين عدد من نتائج التجاذب والتنافر. ولولا جهود فرانكلين وخلفائه الذين جاءوا من بعده مباشرة لما ظهرت نظرية قادرة على تفسير كل هذه النتائج بسهولة متكافئة تقريبا، ومن ثم تيسر لها أن تزود، وزودت بالفعل، جيلا جديدا تاليا من «الكهربائيين» بنموذج إرشادي مشترك استرشدوا به في أبحاثهم.

وإذا استبعدنا مجالات بحث مثل الرياضيات والفلك التي يرجع عهدها بأول نماذج إرشادية كاملة إلى ما قبل التاريخ، وإذا استبعدنا أيضاً مجالات أخرى مثل الكيمياء الحيوية، التي نشأت بفعل انقسام وإعادة اتحاد تخصصات اكتملت ونضجت، إذا فعلنا هذا سيبين لنا أن المواقف التي أسلفنا وصفها بإيجاز متطابقة تاريخيا. وعلى الرغم من أن هذا يدفعني، على الرغم مني، إلى استخدام طريقة التبسيط المؤسفة التي تربط حدثا تاريخيا امتد زمناً طويلاً بأحد الأسماء الفريدة التي يجري اختيارها على نحو تعسفي (كأن أقول مثلا نيوتن أو فرانكلين) إلا أنني أرى أن اختلافات أساسية مماثلة ميزت على سبيل المثال دراسة الحركة قبل أرسطو والاستاتيكية قبل أرشميدس ودراسة الحرارة قبل بلاك، والكيمياء قبل بويل وبويرهاف، ودراسة الجيولوجيا التاريخية قبل هتون. والملاحظ في بعض فروع علم الأحياء ـ دراسة الوراثة على سبيل المثال ـ إن أول النماذج الإرشادية التي حظيت بقبول عام لاتزال حديثة العهد جدا. ولا يزال السؤال مطروحا على بساط البحث بشأن أي فروع العلم الاجتماعي حققت حتى الآن مثل هذه النماذج الإرشادية لنفسها. ويفيد التاريخ أن السبيل إلى اتفاق كامل في الآراء بشأن البحوث أمر شديد العسر على نحو غير مألوف.

ولكن التاريخ يوحي إلينا أيضا ببعض أسباب الصعوبات التي تصادفنا في هذه السبيل. ففي حالة عدم وجود نموذج إرشادي أو عدم وجود اللبنات الأولى لما يمكن أن يكون نموذجا إرشاديا بديلا فيما بعد، فإن جميع الوقائع التي يمكن أن تسهم بدور في تطور علم ما تبدو جميعها على قدم المساواة من حيث الأهمية. ونتيجة لذلك فإن المرحلة الباكرة من جمع الوقائع تبدو أقرب ماتكون إلى النشاط العشوائي بالقياس إلى الطريقة التي باتت مألوفة لنا بفضل ما حققه العلم من تطور في المرحلة

المتأخرة. زد على ذلك أنه نظرا لانتفاء جميع الأسباب الداعية إلى التماس معلومات أكثر عسرا وإبهاما، فقد كانت المرحلة الأولى من جمع الوقائع قاصرة عادة على ثروة من المعطيات التي يسهل التأكد منها. ويشتمل رصيد الوقائع الناتج عن ذلك على تلك على الوقائع التي يمكن إخضاعها للمشاهدة والتجربة العَرَضيتين بالإضافة إلى بعض المعطيات الأكثر تخصصاً التي توفرها الحرف القائمة مثل الطب وعمل التقاويم (علم تقسيم الأزمنة وحساب المواقيت ـ المترجم) والتعدين. وحيث أن المهن الفنية هى بالفعل مصدر ميسور للوقائع التي لم يكن بالإمكان اكتشافها على نحو عرضي فقد قامت التكنولوجيا في الغالب بدور حيوي في سبيل ظهور علوم جديدة.

ولكن على الرغم من أن هذا الأسلوب في جمع الوقائع كان حيويا لنشأة الكثير من العلوم الهامة، إلا أن كل من يفحص ويدقق على سبيل المثال في كتابات بليني الموسوعية أو في دراسات بيكون عن التاريخ الطبيعي في القرن السابع عشر سوف يكتشف أنها أفضت إلى خليط مشوش. وقد يتردد المرء في أن يسبغ على الدراسات الناتجة عن ذلك صفة العلمية. إن «الروايات التاريخية» التي يحكيها بيكون عن الحرارة واللون والرياح واستخراج المعادن وغير ذلك زاخرة بمعلومات بعضها مبهم عسر الفهم. ولكن كل ما فعلته أنها كدست وقائع سيثبت بعد ذلك أنها خصبة ملهمة (مثل التسخين عن طريق الخلط) بالإضافة إلى وقائع أخرى (مثل الحرارة المنبعثة من أكوام الروث) والتي ستبقى حينا من الزمن أمرا شديد التعقيد بحيث يتعذر دمجه في أي نظرية على الإطلاق[٤]. علاوة على هذا فإن أي وصف هو بالضرورة وصف جزئي، ولذا فإن التاريخ الطبيعي النموذجي غالبا ما يسقط من سرده المسهب الزاخر بالأحداث تلك التفصيلات التي سيبين للعلماء فيما بعد أنها مصدر إلهام له شأن كبير. فنحن لا نكاد نجد تقريبا بين «الروايات التاريخية» الأولى عن الكهرباء أي ذكر على سبيل المثال لواقعة أن القشة حال انجذابها إلى قضيب

(٤) قارن العرض العام لتاريخ طبيعى عن الحرارة في كتاب بيكون. Bacon's Nocum Organum, Vol. VIII of The Works of Francis Bacon, ed J. Spedding, R. L. Ellis, and D.D.Heath (New York, 1869), pp. 179- 203.

زجاجي بعد تدليكه، تقفز مرتدة بعيدا عنه مرة ثانية. وبدا هذا الحدث حدثا ميكانيكيا وليس كهربيا[٥]. علاوة على هذا فإن الباحث الذي كان يجمع الوقائع بصورة عرضية نادرا ما كان يملك الوقت أو الأدوات اللازمة التي تمكنه من أن ينظر نظرة نقدية، لذا فإن سجل روايات التاريخ الطبيعي غالبا ما يكدس روايات مثل تلك الروايات التي أسلفنا ذكرها توا بالإضافة إلى غيرها، مثل التسخين عن طريق الحركة التقلصية الديدانية المعكوسة (أو التبريد) والتي نعجز اليوم عن التثبت منها[٦]. وهذا لا يحدث إلا عرضا على فترات متباعدة تماما، على نحو ما كان يحدث في الدراسات القديمة في مجال الاستاتيكا والديناميكا والبصريات الهندسية أن نجد الوقائع التي تم جمعها دون استرشاد، إلا في أضيق الحدود، بنظرية معترف بها ومستقرة مسبقا، تعبر بوضوح كاف على نحو يتيح الفرصة لظهور أول نموذج إرشادي.

هذا هو الموقف الذي يؤدي إلى نشأة المدارس المميزة للمراحل الأولى من تطور علم من العلوم. فليس بالإمكان تفسير أي تاريخ طبيعي مع غياب أدنى حد ضمني من المعتقدات النظرية والمنهجية المتكاملة والتي يدعم بعضها بعضا وتسمح بالاختيار والتقييم والنقد. وإذا لم تكن هذه المجموعة من المعتقدات قائمة ضمن حصاد الوقائع التي تم جمعها ـ بحيث يتجاوز ما بين أيدينا «الوقائع الخام» ـ إذن يتعين توفيرها وإضافتها من خارج، ربما عن طريق نظرة غيبية «ميتافيزيقا» سائدة أو عن طريق علم آخر أو حدث عارض شخصي وتاريخي. ومن ثم فلا غرابة إذ نجد في المراحل الباكرة من تطور أي علم من العلوم رجالا متباينين يصادفون سلسلة واحدة من الظواهر، دون أن تكون مع ذلك نفس الظواهر تحديدا، وإذا بهم يصفونها ويفسرونها بطرق متباينة. وإن ما يثير الدهشة، وربما بدا أيضا شيئا فريدا لا نصادفه بهذه الدرجة إلا في مجالات البحث التي نسميها علما، إن هذه التباينات

---

(٥) نظر رولر ورولر Roller المرجع نفسه ص١٤، ٢٢، ٢٨، ٤٣. لم يعترف بأن التنافر نتيجة كهربائية واضحة إلا بعد ذلك الحدث الذي ورد ذكره في خاتمة القائمة.

(٦) انظر بيكون نفس المرجع ـ ص٢٣٥ و٣٣٧ حيث يقول «الماء الدافيء قليلا أسرع تجمدا من الماء البارد». وللاطلاع على عرض جزئي للتاريخ السابق لهذه الملاحظة الغريبة انظر:
Marshall Clagett, Giovanni Marliani and Late Medieval Physics (New York, 1941), chap. iv.

الأولية تتلاشى بعد ذلك دائما إلى حد كبير.

ومع هذا فإنها تتلاشى وتختفي على نطاق واسع جدا ثم تختفي ظاهريا مرة واحدة وإلى الأبد . علاوة على هذا فإن اختفاءها يأتي عادة نتيجة انتصار إحدى المدارس السابقة على النموذج الإرشادي والتي استطاعت بفضل مالها من معتقدات وتصورات خاصة مميزة، أن تؤكد على جانب بذاته من رصيد المعلومات الكبير والمشوش. وخير مثال على ذلك أولئك «الكهربائيون» الذين ظنوا أن الكهرباء سيال، ومن ثم شددوا في التأكيد على التوصيل. وإذا بكثيرين منهم، استرشادا بهذا المعتقد الذي لا يكاد يطابق النتائج الكثيرة المعروفة عن التجاذب والتنافر، تراودهم فكرة تعبئة السيال الكهربي في زجاجات. وكانت النتيجة المباشرة لجهودهم هي جرة أو وعاء ليدن للكهرباء وهو جهاز ما كان يمكن أن يكتشفه إنسان يستكشف الطبيعة بصورة عرضية أو عشوائية، وإنما استحدثه في واقع الأمر اثنان على الأقل من الباحثين كل على حدة في أوائل عقد ١٧٤٠ (٧) . ولقد كان فرانكلين منذ أن بدأ بحوثه الكهربائية على وجه التقريب معنيا على الأخص بشرح ذلك الجهاز الغريب والملهم للغاية أيضا لو صح ذلك عنه. ويمثل نجاحه في مهمته هذه أقوى الحجج التي جعلت من نظريته نموذجا إرشاديا وإن ظلت عاجزة عن تفسير جميع الحالات المعروفة عن التنافر الكهربي (٨) . فلكي يتعين بالنسبة لأي نظرية نطمح في قبولها كنموذج إرشادي أن تبدو أفضل من النظريات المنافسة لها، وإن كان ليس ضروريا، وهو مالا تستطيعه أبدا في واقع الأمر، أن تفسر جميع الوقائع التي يمكن أن تواجهها.

والدور الذي قامت به نظرية السيال الكهربي بالنسبة للمجموعة الثانية المؤمنة بها، هو عين الدور الذي قام به النموذج الإرشادي لفرانكلين فيما بعد بالنسبة لكل فريق «الكهربائيين». إذ أوحى إليهم بأي التجارب يجدر بهم أداؤها، وأيها يجب

(٧) روللر ورولر ـ نفس المرجع ص٥١ ـ ٥٤ .

(٨) كانت الحالة التي تمثل مشكلة مستعصية هي التنافر المتبادل بين أجسام ذات شحنة سالبة، وفي هذا انظر كوهن Cohen نفس المرجع ص٤٩١ ـ ٤٩٤، ٥٣١ ـ ٥٤٣ .

التوقف عنها نظرا لأنها تستهدف مظاهر للكهربية ثانوية أو شديدة التعقيد أكثر من اللازم. وأدى النموذج الإرشادي دوره بصورة فعالة تماما وذلك من ناحية لأن توقف الجدال بين المدارس وضع نهاية للتأكيد باستمرار على المبادىء الأساسية، كما يرجع من ناحية أخرى إلى الثقة في أن الباحثين يسيرون على النهج السليم مما شجع العلماء على الاضطلاع بالمزيد من ضروب الأعمال الأكثر تحديدا وتخصيصا واستحواذا [٩].
أما وقد تحرر فريق الكهربائيين الموحد من هم الانشغال بجميع الظواهر الكهربائية، فقد أصبح بوسعهم الآن أن يتابعوا دراسة ظواهر منتقاة على نحو أكثر تفصيلا وأن يبتدعوا تجهيزات ومعدات أكثر تخصصا لأداء المهمة المنوطة بهم، واستخدامها على نحو أكثر التزاما ومنهجية مما كان عليه الحال مع الكهربائيين قبلهم. وهكذا أصبح كل من جمع الوقائع وصياغة النظرية و إحكامها نشاطا موجها بدقة إلى حد كبير. وزادت بالتالي كفاءة وفعالية البحث العلمي في مجال الكهربية، وأصبح شاهدا على انحياز المجتمع إلى القول المأثور عن فرنسيس بيكون بشأن مناهج البحث، وهو قول ينطوي على حدة ذهن حين قال: «الحقيقة وليدة الخطأ لا الفوضى»[١٠].

وسوف ندرس في الفصل التالي طبيعة هذا البحث الموجه بدقة إلى حد كبير والمرتكز على نموذج إرشادي. ولكن يجب أن نوضح بإيجاز بادىء ذي بدء كيف يؤثر ظهور نموذج ارشادي ما على بنية الفريق الممارس للبحث في هذا المجال. فعندما يقدم فرد أو جماعة لأول مرة، خلال عملية نشوء وتطور أحد العلوم الطبيعية، صيغة تركيبية قادرة على اجتذاب الكثرة الغالبة من المشتغلين بهذا العلم من أبناء الجيل التالي فإن المدارس القديمة تبدأ في الزوال والاختفاء تدريجيا. ويرجع اختفاؤها من

---

(٩) الجدير بالملاحظة أن قبول نظرية فرانكلين لم ينه تماما الجدل الدائر. ففي عام ١٧٥٩ اقترح روبرت سيمر Symmer نظرية تقول بوجود سيالين اثنين. وانقسم الكهربائيون بعد ذلك بشأن تحديد الكهرباء هل هي سيال واحد أم اثنان. غير أن الجدل بهذا الشأن يؤكد فقط ما قلناه سابقا عن الطريقة التي يؤدي بها إنجاز معترف به من الجميع إلى توحيد أبناء الصنعة. وعلى الرغم من أن الكهربائيين ظلوا منقسمين فيما يختص بهذه النقطة إلا أنهم انتهوا سريعا إلى أن الاختبارات التجريبية لا يمكنها أن تميز بين صيغتي النظرية، ولهذا فإنها متعادلتان. بعد هذا استطاعت المدرستان استثمار كل ما انطوت عليه نظرية فرانكلين من فوائد (نفس المرجع ص٥٤٣ ـ ٥٤٦، ٥٤٨ ـ ٥٥٤).

(١٠) بيكون ـ نفس المرجع ص٢١٠.

نـاحية إلى تحول أعضـائهـا إلى النموذج الإرشـادي الجديـد. ولكن يبقى دائما بعض الأشياع الذين يتشبثون بهذه النظرة أو تلك من النظـرات القديمة. والنتيجة أن ينظر إليهم بـاعتبـارهم خـارجين على مجال تخصصهم الـذي يغفل بعـد ذلك جهـودهم ويسقطها من حسابه. ويشتمل النموذج الإرشـادي الجديد على تعريف جديد أكثر دقة لمجال البحث. أما من يعزفون أو يعجـزون عن ملاءمة نشاطهم العلمي مع هذا النموذج الإرشادي يصبح لزاما عليهم أن يتنحوا جـانبا ليعيشوا في عزلة أو أن يلحقوا بصفـوف فريق آخـر(١١). والواضح تـاريخيا أنهم يقنعون في الغالب بـالبقاء داخل قطاعات الفلسفـة التي أفرخت الكثير من العلوم الخاصة الجديـدة. وكما تلمح هذه الإشارات فقد يحدث أحيانا أن نجد جماعة علميـة ما كانت معنية في السابق بدراسة الطبيعـة فقط فإذا بها مـا أن تتلقى نمـوذجـا إرشاديـا وتسلم بصحتـه حتى يتحـول باحثوها على إثر ذلك إلى أصحاب تخصص متميز، أو على الأقل إلى مبحث معرفي. والملاحظ في العلوم (على خلاف مجالات مثل الطب والتكنولـوجيا والقانون حيث أن مبرر وجـودهـا حاجـة اجتماعيـة خـارجية) إن إنشـاء صحف متخصصـة وتأسيس جمعيات لـلأخصائيين، والمطـالبة بشغل مكـانة خـاصة ضمن المقـرر الدراسـى قد اقترنت جميعها عـادة باللحظـة التي يهتدي فيها فـريق الباحثين إلى نمـوذج إرشادى واحد خاص بهم. ولقد كان هذا هو الحال على أقل تقرير خلال الفترة المحصورة منذ قرن ونصـف مضى عندما نشـأت لأول مرة العملية المؤسسيـة للتخصص العلمي،

(١١) يزودنـا تاريخ الكهرباء بمثـال رائع تؤكده حيـاة كل من بريستلى Priestly وكلفين Kelvin وغيرهما فقد قال فـرانكلين إن نوليت Nollet الذى كان أقوى الكهربـائيين نفوذا في القارة الأوربية خلال منتصف القرن «عاش حتى رأى نفسه خاتمة أبنـاء طائفته فيما عدا السيد ب. تلميذه الذى جاء بعده مباشرة (ماكس فاراند ـ محرر ـ مذكـرات بنيامين فرانكلين ـ الناشر دار باركلى ـ كاليفورنيا ١٩٤٩). (ص٣٨٤ ـ ٣٨٦). ولعل ما هـو أهم من ذلك هـو تحمل مدارس بأكملهـا للعزلـة المتزايـدة عن تخصصها العلمى. ولنتأمل على سبيل المثـال حالـة علم التنجيم الذي كـان يومـا ما جزءا من علم الفلك. أو لنتأمل استمرار تراث الكيمياء «الرومانسية» في أواخر القرن الثامن عشر ومطلع القرن التاسع عشر. وهذا هو التراث الذي عرضه وناقشه.

Charles C. Gillispie in "The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences," Critical problems in the History of Science, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 255-89; and "The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory," Archives internationales d'histoire des sciences, XXXVII (1956), 323-38.

وبين الفترة الأخيرة القريبة العهد جدا عندما أضحت لسمات التخصص مكانة متميزة.

وثمة نتائج أخرى ترتبت على تحديد الفريق العلمي تحديدا أكثر دقة. إذ عندما يأخذ العالم الفرد النموذج الإرشادى مأخذ التسليم فإنه لن يكون بحاجة فى أعماله الرئيسية إلى بناء مجاله من جديد، بادئا بالأسس الأولى، ومبررا استخدام كل مفهوم مستحدث. ويمكن ترك هذه المهمة لمؤلف الكتب الدراسية. ولكن مع وجود كتاب دراسي يمكن للعالم المبدع أن يبدأ بحثه من حيث توقف الكتاب، ومن ثم يركز فقط على الجوانب الأكثر دقة وتخصصا من الظواهر الطبيعية موضوع مجاله البحثى. وإذ هو يفعل هذا تبدأ البيانات المتعلقة ببحوثه في التغير من حيث طابعها وفق سبل لم يسبق دراسة تطورها دراسة مستفيضة وإن كانت نتائجها النهائية الحديثة واضحة جلية للجميع وثقيلة الوطأة على الكثيرين. ولن تصدر بحوثه كما هي العادة في صورة كتب مثل كتاب فرانكلين «تجارب. . على الكهرباء» أو كتاب داروين «أصل الأنواع» والتي تخاطب كل من يعنيه أمر هذا المجال، بل ستصدر في صورة مقالات وبحوث موجزة تخاطب فقط زملاء المهنة، أي من يفترض في أنهم يتقاسمون المعرفة بشأن النموذج الإرشادى المشترك بينهم، ويثبت أنهم هم وحدهم القادرون على قراءة وفهم البحوث الموجهة إليهم.

والملاحظ اليوم أن الكتب التى تصدر في مجال العلوم تكون عادة إما كتبا دراسية أو تأملات استرجاعية في هذا الجانب أو ذاك من جوانب الحياة العلمية. والعالم الذي يؤلف أحد هذه الكتب سيجد سمعته المهنية على الأرجح قد وهنت بدلا من أن ترسخ وتتحسن. ولم يحدث إلا في المراحل الأولى، من تطور العلوم المختلفة، أي مراحل ما قبل النموذج الإرشادى إن كانت علاقة الكتاب بالإنجاز المهنى هي ذات العلاقة التي لا يزال يحتفظ بها في المجالات الإبداعية الأخرى. فهذه هي فقط المجالات التي لايزال الكتاب فيها، مع المقالة أو بدونها، وعاء وأداة لنقل الأفكار الواردة في البحوث والتى لاتزال مقتضيات اكتساب صفة المهنة فيها غامضة وغير محددة المعالم بدقة بحيث أن المرء غير الملم بأصول هذا التخصص قد يراوده أمل

ملاحقة التقدم فيها عن طريق قراءة النصوص الأصلية للباحثين المتخصصين. هذا على عكس الحال بالنسبة للرياضيات والفلك إذ لم تعد بحوثها المتخصصة يسيرة الفهم على المتعلم العادى وذلك منذ قديم الزمان. وأصبح البحث في مجال الديناميكا بحثا متخصصا بالمثل منذ نهاية العصر الوسيط. ولم يستعد طابعه الواضح إلا لفترة وجيزة خلال مطلع القرن السابع عشر وقتما حل نموذج إرشادى جديد محل النموذج الإرشادى القديم الذي استرشدت به بحوث العصر الوسيط وبدأت بحوث الكهرباء تحتاج إلى تفسير للرجل العادى منذ ما قبل نهاية القرن الثامن عشر. وكذلك جل المجالات الأخرى في علم الفيزياء لم تعد منذ القرن التاسع عشر ميسورة للعامة. وحدثت خلال القرنين الأخيرين تطورات مماثلة بدت واضحة في مختلف جوانب العلوم البيولوجية. ولعل هذا هو ما يجرى الآن في بعض مجالات العلوم الاجتماعية. وإذا كان قد أصبح مألوفا لنا الآن، أن نأسى وهذا حق، لاتساع الهوة باطراد الفاصلة بين الباحث العلمي المتخصص وبين زملائه وأقرانه في المجالات العلمية الأخرى، إلا أننا لا نهتم كثيرا بالعلاقات الجوهرية القائمة بين هذه الهوة وبين «الميكانيزمات» أو الآليات الأصيلة للتقدم العلمي.

منذ قديم الزمان فيما قبل التاريخ عبرت مجالات الدراسة الواحد بعد الآخر الخط الفاصل بين ما يمكن أن يسميه المؤرخ ما قبل تاريخ مجال الدراسة كعلم حقيقى من العلوم وبين تاريخه بالمعنى الأصيل ونادرا ما حدثت عمليات الانتقال إلى النضج فجأة أو بصورة خالصة تماما على نحو ما قد يبين ضمنا من هذا العرض الذي التزمت فيه بالضرورة حدود الإيجاز. ولكن لم يحدث أي من هذه التحولات تاريخيا على نحو تدريجي أي على نفس الامتداد الزماني للتطور الكامل لمجالات البحث التي أفضت إليها. لقد كان الإخصائيون الذين ألفوا كتبا عن الكهربية خلال العقود الأربعة الأولى من القرن الثامن عشر يضعون أيديهم على معلومات عن الظواهر الكهربية تفوق كثيرا ما كان يعرفه أسلافهم في القرن السادس عشر. وأضيفت إلى قوائم معلوماتهم عن أنواع الظواهر الكهربية بضع ظواهر جديدة قليلة العدد على مدى نصف قرن بعد عام ١٧٤٠. ومع هذا فإن المسافة الفاصلة فيما

يتعلق بالأفكار الهامة بعيدة جدا بين كتابات كافنديش Cavendish وكولوم coulombوفولتا Volta عن الكهربية خلال الثلث الأخير من القرن الثامن عشر وبين كتابات جراى Gray ودى فاى Du Fay بل وكتابات فرانكين أيضا (في بداية القرن نفسه) وهي أبعد كثيرا من المسافة الفاصلة بين كتابات علماء الكهرباء في مطلع القرن الثامن عشر وكتابات علماء القرن السادس عشر[١٢]. وحدث خلال الفترة ما بين عامي ١٧٤٠ و١٧٨٠ أن سلم الكهربائيون لأول مرة بصحة قواعد مجال بحثهم. وانطلقوا من هذه النقطة إلى مشكلات أكثر تحديدا وتخصصا، وأفاضوا في عرض نتائج بحوثهم في مقالات يخاطبون بها غيرهم من المختصين بالكهرباء، وليس في كتب تخاطب المتعلمين كافة. وأنجزوا معا كفريق ما سبق أن حققه علماء الفلك قديما، وما حققه المختصون في دراسة الحركة في العصور الوسطى، والمختصون في البصريات الطبيعية في أواخر القرن السابع عشر، والجيولوجيا التاريخية في مطلع القرن التاسع عشر. أي أنهم توصلوا إلى نموذج إرشادي أثبت قدرته على توجيه كل بحوث الفريق. ولولا فضل النظر إلى الماضي واستعادة أحداثه لكان عسيرا علينا أن نهتدى إلى معيار آخر يحدد بمثل هذا الوضوح أن مجالا من المجالات أصبح علما.

(١٢) تشتمل التطورات التى حدثت بعد فرانكلين على زيادة هائلة في حساسية أجهزة تسجيل الشحنات الكهربائية، وعلى أول تقنيات يعتد بها ويعتمد عليها لقياس الشحنات، وتطور مفهوم السعة وعلاقته بمفهوم جديد أكثر صقلا عن الجهد الكهربى، والتقدير الكمى للقوة الكهروستاتيكية. انظر في هذا كله كتاب روللر وروللر نفس المرجع سالف الذكر ص ٦٦ ـ ٨١.
وانظر أيضا:
W.C. Walker, "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century," Annals of Science, I (1936), 66-100; and Edmund Hoppe, Geschichte der Elektrizität (Leipzig, 1884), Part I, chaps. iii-iv.

الفصل الثالث
طبيعة العلم القياسي

ما هي إذن طبيعة البحـث الأكثر تخصصا وتمايزا مهنيا والتي تتيـح لجماعة علمية الالتزام بنمـوذج إرشادي فـريد؟ وإذا كـان النموذج الإرشـادى يمثل جهدا تـم مرة واحدة وانتهى الأمر، فما هي المشكلات الأخرى المتبقية التي يتعين على جماعة البحث العلمى العمل على حلها ؟ هذان السـؤالان سوف يبدوان أكثر إلحاحـا إذا ما لحظنا الآن كيف و إلى أي حد كانت المصطلحات المستخدمة حتى الآن قد تكون مضللة. فإن مصطلح نموذج إرشـادي يعني في الاستعمال العادي نمـوذجا أو نمطـا مقبولا. وفي ضوء هذه الدلالة، آثرت مصطلح «نموذج إرشادى» هنا نظرا لافتقارى إلى كلمة أفضل. ولكن سيبـدو واضحا بعـد قليل أن معنى كلمتي «نموذج» و«نمط» الـذي أجاز لي إيثار ذلك المصطلح ليس هو بالدقة ذات المعنى المألوف عند تحديد مصطلح «نموذج إرشادى». ففي قواعد الصرف اللغوي على سبيل المثال نجد أن فَعَل ويفعل وفـاعل ومفعول. . . إلخ هى نمـوذج إرشادى من حيث أنها تبين لنـا نمط تصريف أكبر عدد من الأفعال في اللغة التي يجرى تصريف غيرهـا قياسا عليها. وحسب هذا الاستخدام القياسى فإن النموذج الإرشادى يعد أصلا نقيس عليه أى عدد ممكن من الأمثلـة المطابقـة قدر الاستطـاعة والتي يمكن أن تحل محل الأصل من حيث المبـدأ. وعلى العكس من ذلك فى مجال العلم إذ نـادرا مـا يكـون النمـوذج الإرشادي قـابـلا للتكرار. إنه هنا أشبه بحكم قضائي أو قاعـدة شرعية قياسية في القانون العام، ومن ثم يكون قابلا للتعـديل والتحديد مرة أخرى بموجب ظروف جـديدة أو ظروف أشد إلزاما.

وحتى يتبين لنـا كيف يمكن أن يحدث ذلك يتعين علينـا أن نـدرك إلى أي حـد

يمكن أن يكون النمـوذج الإرشادي محدودا للغايـة من حيث النطاق والإحكـام عند ظهوره لأول مرة . فالنماذج الإرشاديـة إنما تكتسب مكانتها لأنها أنجح من سواها من النماذج الإرشـادية الأخـرى المنـافسة لها من حيـث القدرة على حل بضع مشكـلات اعترف فريق العلماء الباحثين بأنها مشكلات حادة . بيد أن كونها أنجح من سواها لا يعنى أنها نـاجحة بصـورة كاملـة في حل مشكلة واحـدة ولا بصورة متميـزة مع أي مجموعة كبيرة من المشكلات . إن نجاح أي نموذج إرشادي سواء أكان هذا النموذج هو تحليل أرسطـو للحركة ، أو حسـابات بطليموس لمواضع الكـواكب أو استخدام لافوازييه للميـزان ، أو حساب ماكسويل ريـاضيا للمجال الكهرومغنـاطيسى ـ إنما يكون بداية و إلى حد كبير وعدا بنجاح يمكن الكشف عنه في عدد من الأمثلة المختارة التي لا تزال غير كاملة . وقوام العلم القياسى هو التحقيق الفعلى لذلك الوعد تحققا يتم إنجـازه عن طريق تـوسيع نطاق المعـرفـة بالحقـائق التي يكشف عنها النمـوذج الإرشادى باعتبـار أنها حقائق ملهمة على نحو متميز، وذلك عن طـريق زيادة نطاق الملاءمة بين تلك الحقـائق وبين تنبؤات النمـوذج الإرشادى ، وعن طـريق المزيد من دقة و إحكام النموذج الإرشادى ذاته .

و إن عددا قليلا من الناس من غير البـاحثين المتخصصين بالفعل في علم ناضج هم الذين يدركون حجم الجهود اللازمة لصقل وتنقية النموذج الإرشادى بعد إقراره ، أو إلى أي مدى سيثبت أن هـذا العمل أخاذ مثير لـلاهتمام عند تنفيذه . وهـذه أمور يجب أن تكون مفهومة . فإن عمليات التنقيـة والصقل هي ما يشغل بال أكثر العلماء و ينذرون لها حياتهم العلمية . وتؤلف هذه المهام ما اسميه هنا العلم القياسي ، الذي إذا ما تأملنـاه عن كثب ، سواء على أسـاس تاريخي أو في إطار المعمل المعـاصر، لبدا هذا المشروع وكأنـه محاولة لدفع الـطبيعة قسرا داخل إطـار معد مسبقا وجامـد نسبيا زودنا بـه النموذج الإرشـــادى . فليس من أهداف العلم القيـاسى في أي نـاحيـة من نواحيه استحـداث ، أو تسليط الأضـواء على أنواع جـديدة مـن الظـواهر؛ والحقيقة أن الظواهر التي لا تتلاءم مع الإطار غالبا ما تغفلها الأنظار تماما . ولا يهدف العلماء عـــادة إلى ابتكار نظـــريات جـــديدة ، وغالبـا مـا لايتسـامحون مع النظريـات التى

يبتكـرهـا غيرهم[1] . ويجرى بدلا من ذلـك توجيه البحث العلمـي القياسي في اتجاه الإبانة عن الظواهر والنظريات التي زودنا بها من قبل النموذج الإرشادى .

وربما كانـت هذه مثالب . وطبعـي أن المجالات التي يستكشفها العلـم القياسي صغيرة جـدا ، ونطاق الـرؤية في المشروع مـوضوع بحثنـا الآن ضيق ومحدود للغايـة . ولكن هذه القيود التي هي وليدة الثقة في نموذج إرشادى تتحول لتصبح أمرا ضروريا ولازما لتطـور العلم . إذ حين نركـز الانتباه على قطـاع محدود من المشكلات شـديدة التخصص نسبيا ، فإن النموذج الإرشادى يرغم العلماء على بحث جوانب محددة من الطبيعة تفصيلا وبعمق مما يتعذر تصـورها بدون ذلك . ويمتلك العلم القياسي آلية «ميكـانيزم» ذاتيـة تنـزع إلى تخفيف سطـوة القيود التي يلتـزم بها البحث متى تـوقف النموذج الإرشادى الذى هو مصدر هـذه القيود عن أداء دوره بكفاءة وفعالية . هنا ، وعند هذه النقطـة ، يبدأ سلوك العلماء في التباين ، وتتغير طبيعـة مشكلات بحثهم . ولكن في غضون ذلك ، وخلال الفترة التي يؤدى فيها النموذج الإرشادى دوره بنجاح يكون أبناء المهنـة قد فرغوا من حل مشكـلات كان من المتعذر عليهم تصـورها ، وما كان بالإمكـان الاضطلاع بأمر حلها دون الالتزام بـالنموذج الإرشادى . ويثبت دائما أن جانبا على الأقل من ذلك الإنجاز أو تلك الحلول باق ودائم .

وللإبـانة بـوضوح أكثـر عن المقصود بـالبحث القياسي ، أو البحـث المرتكز على نموذج إرشادى ، سأحاول الآن تصنيف وتوضيح المشكلات التى يتألف منها أساسا العلم القياسى . ولعل من الملائم أن أرجيء الحديث عن النشـاط النظري إلى حين ، وأن أستهل بـالحديث عن جمع الحقائق ، أي بـالتجـارب والمشاهـدات المعروضـة في المجلات المتخصصة التي يطلع العلماء من خلالها على نتـائج بحوث أقرانهم في المهنة وتكـون وسيلتهم لتبـادل المعلـومـات العلميـة فيما بينهم . تـرى عن أي جـانب من جوانب الطبيعة يكتب العلماء عادة تقاريرهم؟ وما الذي يحدد اختياراتهم؟ وإذا كان القدر الأكبر من المشاهدات العلمية يستغرق وقتا طويلا ويستهلك الكثير من المال

---

(1) Bernard Barber, Resistance by Scientists to Scientific Discovery, Science, CXXXIV (1961), 596 - 602 .

والمعدات فما الذي يحفز العلماء على مواصلة السعي وراء المشكلة المختارة والالتزام بها حتى النهاية والوصول إلى نتيجة؟

أحسب أن هناك ثلاث بؤر قياسية من الوقائع يتركز حولها البحث العلمي، وهي ليست متمايزة عن بعضها دائما ولا بصورة متصلة. هناك أولا مجموعة الوقائع التي أبان النموذج الإرشادى أنها تكشف على نحو متميز عن طبيعة الأشياء. ولقدأسبغ النموذج الإرشادى عليها أهمية وشأنا من خلال استخدامها لحل عديد من المشكلات بحيث أضحت جديرة باهتمام الباحثين من أجل تحديدها بدقة أكبر واستنادا إلى حالات أكثر عددا وتباينا في آن واحد. واشتملت بين حين وآخر تلك التحديدات الوقائعية الهامة على ما يلي: في الفلك ـ تحديد مواضع وحجم الأجرام السماوية، ودورات كسوف النجوم الثنائية، ودورات الكواكب؛ وفي الفيزياء ـ الثقل النوعي للمواد وقابليتها للضغط، وأطوال الموجات، والشدة الطيفية وقابلية التوصيل الكهربى، وجهد التلامس؛ وفي الكيمياء ـ التركيب، وأوزان الاتحاد الكيميائى، ونقط الغليان، وحمضية المحاليل، والصيغ التركيبية، والأنشطة البصرية (الضوئية). وإن المحاولات التي استهدفت زيادة دقة ونطاق معرفتنا بهذه الوقائع تشغل حيزا كبيرا وهاما في أدبيات العلوم القائمة على التجربة والمشاهدة. وأعاد الباحثون مرات ومرات تصميم أجهزة خاصة مركبة للوفاء بهذه الأغراض، واستلزم ابتكار وصنع وتشغيل مثل هذه الأجهزة موهبة فذة، ووقتا طويلا، وموارد مالية طائلة. وإن جهاز السنكروترون وجهاز التلسكوب اللاسلكي ليسا سوى أحدث مثالين عن السبيل التي قد يسلكها المشتغلون بالبحث العلمى إذا ما ضمن لهم النموذج الإرشادى أن الوقائع التي يلتمسونها ويبحثون فيها حقائق هامة وذات شأن. ولقد اكتسب بعض العلماء منذ أيام تايكو براهي وحتى أ. أ. لورانس شهرة واسعة لا لأن مكتشفاتهم تتسم بالجدة والإبداع بل بسبب دقة ومصداقية وخصوبة المناهج التى استحدثوها من أجل إعادة تحديد نوع من الوقائع المعرفة سابقا.

وثمة فئة ثانية مألوفة، ولكنها أضيق نطاقا، لتحديد الوقائع، تتعلق بالظواهر التي وإن كانت لا تنطوى على أهمية كبيرة أصيلة، إلا أنها تتميز بأن بالإمكان

مقارنتهـا مباشرة بالنتـائج التي تنبئنا بها نظريـة النموذج الإرشادى . وكما سنـرى بعد قليل ، عندما أنتقل من المشكلات التجريبية إلى المشكلات النظرية للعلم القياسي ، فإن المجالات التي يمكن أن تماثل فيهـا النظريـة العلمية الطبيعة بصـورة مباشرة هي مجالات نادرة الحدوث خاصة إذا ما كانت هـذه النظرية العلمية قد صيغت في قالب رياضي أسـاسا . ولا يـوجد حتى الآن أكثر من ثـلاثة من هـذه المجالات التي أمكن ملاءمتها مع نظريـة أينشتين عن النسبية العامة[٢] . عـلاوة على ذلك فإنـه حتى في تلك المجـالات التي يمكن استخـدام هــذه الصيغ فيهـا ، نجـد لـزامـا أن نستعين بعمليات تقريب نظرية وتجريبيـة ، وهي عمليات تحد كثيرا من التطابق المتوقع . وأن عملية تحسين هذا التوافق أو إيجاد مجالات جديدة يمكن أن نحقق فيها التوافق أصلا إنما تمثل تحديا ثابتـا ومتصلا لمهارة وخيال الباحث المجرب والمشـاهد . وهناك مناظير مقربـة (تلسكوبات) خـاصة لإثبات تنبـوء كوبـرنيكوس بشأن الاختلاف الظـاهرى السنوى لمواقع النجوم السماوية . وهنـاك ماكينة أتوود Atwood's Machine التى اخترعت بعد عـام تقريبا من ظهـور كتاب أسس الـرياضيات «البرنكيبيـا» لنيوتن ، لكى تعطي أول إثبات واضح لا لبـس فيه لقانـون نيوتن الثاني . وهنـاك جهاز فـوكو Foucault's Apparatus لبيـان أن سرعـة الضــوء في الهواء أسرع منهـا في الماء ، أو عداد الإيماض الذي صمم خصيصا لإثبات وجود النيـوترينو . وإن هذه الأنواع من الأجهزة المتخصصة ، وغيرهـا كثير، توضح الجهد الكبير والإبداع الـلازمين للتقريب

(٢) النقطة الوحيدة التى بحاجة إلى تحقق وإثبـات ومعترف بها منذ أمد طويل ولا تزال موضع تسليم عام هي مبادرة حضيض عطارد . فالتغير الأحمر في ألـوان طيف الضوء المنبعث من النجوم البعيدة يمكن استنتاجـه من آراء وبحوث أكثر أولية وأسبق مـن النظرية العامـة للنسبية . ويمكن الشىء نفسه بـالنسبة لميل الضـوء حول الشمس ، وهى نقطـة موضوع خـلاف اليوم . وعلى أيـة حال فإن قياسـات الظاهرة الأخيرة تظل غير محسـومة . وثمة نقطة أخـرى بحاجة إلى مـراجعة وتحقق ، ربما تحددت أخيرا ومنذ فترة قريبـة جدا ، ونعنى بها التغير التاقلى أو التغير في جاذبية اشعـاع موسباور Massbauer(١١) وربما تظهر نقط أخرى قريبا في هذا المجـال الذى يتسم الآن بالحيوية والنشاط بعد سبات طويل ، وإذا شاء القارىء الاطلاع على تقييم مـوجز وحديث للمشكلة فإننا نحيله إلى L. I. Schiff, (A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories Theones of Relativity), Phystcs Today, XIV (1961), 42-48.

أكثر فأكثر بين الطبيعة والنظرية ليكونا أكثر فأكثر اتفاقا[٣]. وهذه المحاولة لإثبات الاتفاق هي طراز ثان من العمل التجريبي القياسي، وهي أكثر من الطراز السابق اعتمادا على النموذج الإرشادى. فإن وجود النموذج الإرشادى يهيء المشكلة للحل. وغالبا ما تكون نظرية النموذج الإرشادى متضمنة مباشرة في تصميم الجهاز المعد لحل المشكلة. إذ بدون كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» لنيوتن، علي سبيل المثال، لكانت القياسات التي أجراها الباحثون بماكينة أتوود غير ذات معنى على الإطلاق.

وهناك فئة ثالثة من التجارب والمشاهدات تستنفد، فيما أعتقد، جميع أنشطة جمع الوقائع في العلم القياسي. وتتألف من الجهد التجريبى الذى يضطلع به الباحث بغية إحكام نظرية النموذج الإرشادى، وحل بعض مظاهر اللبس المتبقية، وإتاحة الفرصة لحل المشكلات التي لفتت إليها الأنظار فقط فيما قبل ذلك. وتكشف هذه الفئة عن أنها هي الأهم بين جميع الفئات الأخرى قاطبة، ويستلزم عرضها بيان أقسامها الفرعية. فإن بعض التجارب في العلوم التي تغلب عليها الصبغة الرياضية أكثر من سواها، والتي استهدفت إحكام التعبير عن نفسها إنما خصصت لتحديد الثوابت الفيزيائية. فقد أشارت جهود نيوتن على سبيل المثال إلى أن القوة المؤثرة بين وحدتي كتلة تفصلهما وحدة مسافة واحدة ستظل هي ذاتها بالنسبة لجميع المواد وفي جميع المواضع في الكون. غير أن المشكلات التي تصدى لها هو كان بالإمكان حلها حتى بدون تقييم حجم هذا التجاذب، أي ثابت الجاذبية العام. ولم يتصور أي

---

(٣) بالنسبة لمنظارين مقربين خاصين بالاختلاف الظاهرى لمواقع النجوم، انظر.

Abraham Wolf, A History of Science, Technology and Philosophy in the Eighteenth Century (2d ed., London 1952)

ولمزيد من الاطلاع على ماكينة آتوود انظر:

N.R. Hanson, Patterns of Discovery (Cambridge, 1958), pp. 100-102, 207-8.

ولمزيد من المعلومات عن الجهازين الأخيرين المتخصصين انظر:

M. L. Foucault, "Méthode générale pour mesurer la vitesse de la Lumière dans l'air et les milieux transparants. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau ...," Comptes rendus ... de l'Académie des sciences, XXX (1850), 551-60, and C. L. Cowan, Jr., et al., "Detection of the Free Neutrino: A Confirmation," Science, CXXIV (1956), 103-4.

إنسان آخر، وعلى مـدى قرن كامل منذ صـدور كتاب أسس الرياضيـات «برنكيبيا» إمكانيـة صنع جهاز لتحـديد هـذا الثابت بل ولم يكـن حتى التحديـد الشهير الذي وضعه كافنـديش في العقد التاسع من القرن الثامن عشر هو التحـديد الأخير. ونظرا لأن ثابت الجاذبية له وضع محورى في النظريـة الفيزيائية. فإن البحث عن قيم محسنة لهذا الثـابت كان هـدفـا لجهود متكـررة منـذ ذلك الحين من جـانب عدد من أعـلام الباحثين التجريبيين(٤). وثمة أمثلة أخرى من نفس النوع تحكي عن الجهد المتصل بشأن تعيين الوحـدة الفلكية وثـابت أفوجادرو ومعـامل جول والشحنـة الالكترونية الأولية. . إلخ. وربما كان بالإمكان تصور عـدد محدود فقط من هذه الجهود الطويلة المضنية، ولكن لم يكن بالإمكـان إنجاز أي منها بدون نظريـة عن النموذج الإرشادى تحدد المشكلة وتضمن وجود حل دائم لها.

بيد أن الجهود الرامية إلى تحديد نموذج إرشادى ليست قاصرة على تحديد الثوابت العـامـة. إذ يمكن أن تهدف أيضـا، على سبيل المثـال، إلى تحديـد قـوانين كميـة. وتـدخل ضمن هـذه الفئة قـوانين مثل قـانـون بـويل الخاص بعلاقـة ضغط الغـاز بحجمه، وقانون كولوم بشأن التجاذب الكهربى، وقانون جول الخاص بالعلاقة بين الحرارة المتولدة وبين المقاومة الكهربية والتيار الكهربى، فهذه كلها تدخل ضمن هذه الفئة. إذ ربما لا يكـون واضحا أن النموذج الإرشادى شرط مسبق لاكتشـاف قوانين من هذا النـوع. ونحن غالبا مـا نسمع أنه تم اكتشـافها عن طريق فحص قيـاسات اضطلع الباحثـون بها من أجلها فقط ودون أي التزام نظري، ولكن التـاريخ لا يقدم لنا أي سند يدعم مثل هذا النهج المفرط في طـابعه البيكوني (نسبة إلى فرنسيس بيكون الفيلسوف الانجليـزي ـ المترجم). فإن تجارب بويل لم يكن بـالإمكان تصورهـا (ولو حدث وأمكن تصورها لأخذت تفسيرا آخر مغايرا، أو لم تجد لها تفسيرا على الإطلاق) إلا بعد أن سلم البـاحثون بأن الهواء أشبه بسائل مـرن، يمكن أن تنطبق عليه جميع

(٤) يستعـرض حـ. هـ. ب. عشرات من قيـاسـات ثابت الجاذبيـة خـلال الفترة من ١٧٤١ حتى ١٩٠١ وذلك تحت مادة «ثابت الجاذبية ومتوسط الكثافـة» في الموسوعة البريطانية (الطبعة الحادية عشرة ـ كامبربدج ـ ١٩١٠ ـ ١٩١١ مجلد ١٢ ـ ص٣٨٥ ـ ٣٨٩).

المفاهيم التفصيلية عن الهيدروستاتيكا(٥). ويرجع الفضل في نجاح كولوم إلى الجهاز الذي صنعه لقياس القوة بين مأخذ الشحنات المنتظمة. (إذ أن أولئك الذين اقتاسوا من قبل القوى الكهربائية مستخدمين الميزان العادى ذى الكفتين.. الخ لم يجدوا أي انتظام ثابت أو بسيط على الإطلاق). ولكن هذا الجهاز اعتمد بدوره على التحقق المسبق بأن كل جزىء من السيال الكهربى يؤثر عن بعد على كل الجزيئات الأخرى. ولقد كان كولوم يبحث عن القوة الموجودة بين هذه الجزيئات - وهي القوة الوحيدة التي يمكن أن يعزو إليها المرء وهو مطمئن القيام بدور التأثير عن بعد(٦). ويمكن كذلك استخدام تجارب جول لبيان كيف تنبثق القوانين الكمية من خلال عملية صياغة وإحكام النموذج الإرشادى. والواقع أن العلاقة عامة ووثيقة للغاية بين النموذج الإرشادى الكيفى وبين القانون الكمى بحيث أن مثل هذه القوانين أمكن منذ أيام جاليليو تخمينها بصورة صحيحة بفضل مساعدة نموذج إرشادى، وذلك قبل سنوات من إعداد جهاز لتحديدها تجريبيا(٧).

أخيرا هناك نوع ثالث من التجارب التى تهدف إلى إحكام صياغة نموذج إرشادى. وهذا النوع يمكن، أكثر من سواه، أن يماثل الاستكشاف، وله شأن كبير بخاصة خلال الدورات وفي العلوم التى تعنى أساسا بالجانب الكيفي أكثر من الكمى فيما يختص بانتظام الطبيعة. وغالبا ما يكون النموذج الإرشادى الذي جرى استحداثه لمجموعة من الظواهر نموذجا مثيرا للبس عند تطبيقه على ظواهر أخرى

(٥) بالنسبة لعملية النقل الكاملة لمفاهيم الهيدروستاتيكا إلى علم الهوائيات المضغوطة انظر:
The Physical Treatises of Pascal, trans. I. H. B. Spiers and A. G. H. Spiers, with an introduction and notes by F. Barry (New York, 1937). ونجد الإضافة الأصيلة التي أضافها تورشيلي لنظرية الموازاة «نحن نعيش مغمورين في قاع محيط من الهواء الأولي» وذلك في ص ١٦١. وتكشف لنا الرسالتان الرئيسيتان عن التطور السريع لها.

(٦) Duane Roller and Duane H.D. Roller, The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb ("Harvard Case Histories in Experimental Science," Case 8; Cambridge, Mass., 1954), pp. 66-80.

(٧) للاطلاع على أمثلة أنظر:
T.S. Kuhn, "The Function of Measurement in Modern Physical Science," Isis, LII (1961), 161-93.

مـرتبطة بها ارتبـاطا وثيقـا ـــ وهنا تصبح التجـارب ضرورة لـلاختيار من بين وسـائل التطبيق المختلفة النمـوذج الإرشادى الخاص بالمجال الجديد مـوضع الاهتمام . مثال ذلك أن تطبيقات النموذج الإرشادى لنظرية السيال الحراري كانت خاصة بالتسخين والتبريد عن طـريق المزج وتغيير الحالة . ولكن الحرارة يمكن إطلاقها أو امتصـاصها بـوسائل أخـرى كثيرة ـ مثـال ذلك عن طـريق الاتحاد الكيميائي ، أو الاحتكـاك أو الضغط أو امتصاص الغاز ـــ وكان بالإمكان تطبيق النظرية بوسـائل عديدة على كل من تلك الظواهر الأخرى . فلو أن للفراغ سعة حرارية على سبيل المثال فإن التسخين عن طريق الضغـط يمكن تفسيره على أساس أنه نتيجـة لمزج الغاز بـالفراغ . أو ربما يـرجع إلى تحول في الحرارة النوعيـة للغازات تحت تأثير تغير الضغط . وثمـة تفسيرات أخـرى كثيرة غير هذه وأجـريت تجارب عديـدة لتحديـد هذه الإمكـانيات المختلفـة بدقـة ، والتمييز بينها . وانبثقت جميع هـذه التجارب من النموذج الإرشادى لنظـرية السيال الحراري ، وأفادت جميعها به في وضع التجارب في تفسير النتائج[٨] . وما أن تأكـدت ظـاهرة التسخين بـالضغط حتى أضحـت جميع التجارب الأخـرى في هـذا المجال نتيجة مترتبة على النموذج الإرشادى . هذا وإلا كيف يتسنى لنا ، مع التسليم بالظاهرة ، أن نختار بطريقة أخرى غير هذه تجربة لتفسيرها؟

ولننتقل الآن إلى المشكلات النظـرية للعلم القياسى ، والتي تكـاد تدخل ضمن ذات الفئـات مثل مشكـلات التجـربـة والمشاهـدة . إن جـزءا من الجهـد النظـري القياسي ، وإن لم يكـن سوى جـزء صغير جدا ، إلا أنه يتمثـل في استخدام النظـرية القائمة للتنبـؤ بالمعلومات الـواقعية عن القيمة الأصلية . فـابتداع التقويم الفلكى ، وحسـاب خـواص العدسـات ، وإنتـاج منحنيـات الانتشار الإشعـاعى هى أمثلـة لمشكلات من هذا النـوع . بيد أن العلماء ينظرون إليها بعـامة وكأنها عمل مبتذل أولى بأن يحال إلى المهندسين والفنيين . ولم يحدث في أي وقت من الأوقات أن حظى أكثرها بشرف الظهـور في الصحف العلمية الهامـة . ولكن هذه الصحف تشتمل على قـدر كبير من المناقشـات النظرية للمشكـلات التى لابد وأنها تبـدو في نظر غير العلماء ،

(٨) T. S. Kuhn, "The Calorie Theory of Adiabatic Compression," Isis, XLIX (1958), 132-40.

وكأنها واحدة تقريبا. وهذه هي معالجات تتعلق بالنظرية ويضطلع بها الباحثون، لا لأن التنبؤات التـى يمكن أن تتمخض عنها ذات قيمـة أصيلة بل لأن هـذه التنبؤات يمكن التحقق منهـا مباشرة عن طـريق التجربـة. والهدف منها هـو بيان استخـدام جديد للنموذج الإرشادى أو زيادة دقة الاستخدام الذي سبق تطبيقه.

وتنبع الحاجة إلى عمل من هذا النوع من الصعوبات الهائلة التى غالبا ما يواجهها البـاحثون في سبيل استحـداث نقاط اتصـال بين إحدى النظـريات وبين الطبيعـة. ويمكن تـوضيح هذه الصعـوبات بإيجاز من خـلال دراسة تـاريخ الدينـاميكا بعـد نيـوتن. ففي مطلع القـرن الثـامن عشر نلحظ أن العلماء الـذين رأوا في كتب نيـوتن أسس الرياضيـات «البرنكيبيا» نموذجا إرشاديا لهم، أخـذوا جماع نتائجه في شمولها مأخذ التسليم، وكـان لهم كل الحق في أن يفعلوا ذلك. فتـاريخ العلم لا يعرف أي عمل آخـر أتاح في آن واحـد الفرصـة لزيـادة كبيرة في كل من نطاق البحث ودقتـه. فبـالنسبة لـلأجـرام السماويـة استخلص نيوتن قـوانين كيبلـر عن حـركة الكـواكب السيـارة، وفسر أيضـا بعض الجوانـب التى لـوحـظ أن القمـر لم يخضع فيهـا لهذه القوانين. وبالنسبة للظواهر الأرضيـة استخلص نتائج بعض المشاهدات المتناثرة عن حركة البندول والمد والجزر. واستطاع بمساعدة بعض الفروض الإضافية، وإن كانت مخصصة للموضوع، أن يستخلص قانون بويل كما استخلـص كذلك قانونا هاما عن سرعة الصـوت في الهواء. وإذا سلمنا بحـالة العلم في ذلـك الوقت نـدرك أن نجاح البراهين كـان مثيرا للغايـة. ولكن مع التسليم بالعمـومية الافتراضيـة لقوانين نيـوتن ندرك أن عـدد هذه التطبيقـات لم يكن كبيرا، ولم يستحدث نيـوتن تقـريبا سـواها. علاوة على هذا فإنـه بالمقارنة بما يمكن أن ينجزه أي خريج جـامعي في قسم الفيزياء بتلك القوانين ذاتها اليوم، يبين لنا أن تطبيقات نيوتن القليلة لم تتم بدقة كاملة. أخيرا فإن كتـاب أسس الريـاضيات «البرنكيبيـا» إنما وضع خصيصا لتطبيقـه أساسـا على مشكـلات ميكـانيكا الأجـرام السماويـة. أمـا السبيل لملاءمتها مع الاستخـدامـات الأرضية وخاصـة الاستخدامات المتعلقة بالحركة المقيـدة فلم تكن قد وضحت بعد. لقد كانت المشكـلات الأرضية على أية حال قد بـدأ التصدى لها بنجاح كبير بفضل

مجموعة مغايرة تماما من التقنيات التي استحدثها أصلا جاليليو وهوجينز، كما عمل كل من دلامبرت وبرنولى، دانييل ــ وبرنولي جاك ـ وبـرنولى جان وكثيرون غيرهم على تـوسيع نطاقهـا في كل القـارة الأوربيـة خلال القـرن الثـامن عشر. ومن المفترض أن تقنيـاتهم وكــذلك تقنيـات كتـاب الأسـس «البرنكيبيـا» لم تــكن ســوى حـالات خـاصــة لقانون أكثر عمومية، وإن لم يدرك أحد بوضوح لفترة من الزمن كيف يكون ذلك[٩].

لنحصر انتباهنا الآن في مشكلة الدقة. لقد فـرغنا من إيضاح جانبها التجريبي. كـان لـزاما تـوفـر أجهـزة متخصصة ــ مثل جهـاز كـافنـديش أو ماكينـة أتـوود أو تلسكـوبــات متطـورة ــ بغيـة الحصــول على المعلـومـات الخاصــة التي تتطلبهـا الاستخـدامـات الموضـوعية لنمـوذج نيـوتن الإرشـادى. وكـانت هنـاك فيما يختص بالنظـرية صعـوبات ممـاثلة في سبيل الـوصول إلى تـوافق واتساق. إذ أن نيـوتن عند تطبيق قوانينه على البندول كمثال، اضطر إلى معاملة ثقل البندول باعتباره كتلة مركزة في نقطة بغية إعطاء طول البندول طولا محددا. وأغفلت غـالبية نظرياته تأثير مقاومة الهواء (باستثناء بعضها الذى كان لا يزال في مستوى الفروض أو آراء تمهيدية) وكانت هذه بمثابة أحكام فيـزيقية تقريبية سديدة. ومع هذا فإنها باعتبارهـا أحكاما تقريبية حدت من التوافق المتوقع بين تنبؤات نيـوتن والتجارب الفعلية. وظهرت الصعوبات نفسها، وربما بوضع أكثـر، عند تطبيق نظرية نيـوتن على الأجرام السماوية. إذ تشير المشـاهـدات التلسكوبيـةالكميـة البسيطـة إلى أن الكواكب السيـارة لا تخضع تمامـا لقـوانين كيبلـر، كما تشير نظـريـة نيـوتن إلى أنها يجب أن لا تخضع لتلك القـوانين. واضطـر نيوتن لكي يستخلـص تلك القوانين إلى إسقـاط كل مـا يتعلق بالتجـاذب

(٩) C. Truesdell, "A Program toward Rediscovering the Rational mechanics of the Age of Reason," Archive for History of the Exact Sciences, 1 (1960), 3-36 and "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newtons Principle," Texas Quarterly, X (1967), 281-97 T.L. Hankins, "The Reception of Newtons Second Law of Motion in the Eighteenth Century." Archives internationales histoire des sciences, XX (1967), 42-65.

التثـاقلي فيما عدا مـا هـو قـائم بين الكواكب منفـردة وبين الشمس . ونظـرا لأن الكواكب تتجاذب أيضا بعضها مع بعض فإنه لا يمكن أن نتوقع سوى الوصول إلى توافق تقريبي بين النظرية المطبقة وبين المشاهدات التلسكوبية(١٠) .

وطبعي أن الملاءمـة التي تم التـوصل إليها كـانت أكثـر من مـرضية في نظـر من توصلـوا إليها . ولعل أي نظرية أخـرى لم يكن بإمكانها تقريبا أن تحقق هـذا الإنجاز بصورتـه هذه بـاستثناء ما يتعلق ببعض المشكـلات الأرضية . ونـلاحظ أن أحدا ممن ارتـابوا في صـواب أعمال نيـوتن لم يفعل ذلك بسبب قصـور الملاءمة بين عملـه وبين التجربة والمشاهدة . وعلى الرغـم من هذا فإن مواضع القصور هذه خلقت مشكلات كثيرة ومثيرة شـدت اهتمام خلفاء نيـوتن للعمل على حلهـا . إذ لزم على سبيل المثـال توفـر التقنيات النظـرية لمعـالجة حركـات أكثر من جسمين متجـاذبين في آن واحد، ولبحث ثبات المدارات المضطـربة . ولقـد شغلت مشكلات كهـذه فكر كثيرين من خبرة الرياضيـين في أوربـا خـلال القـرن الثامن عشر ومطلع القـرن التاسع عشر. فهناك ايولر Euler ولا جرانج Lagrange ولابلاس Laplaca وجوس Gauss وقد رصدوا جميعـا قدرا كبيرا من جهـودهم العبقرية الفـذة لمعالجة مشكـلات استهدفت تحسين الملاءمـة بين نموذج نيـوتن الإرشـادي وبين مشـاهـدات الأجرام السماويـة . وعمل الكثيرون من هــذه الشخصيـات المرمــوقـة في آن واحــد على استحــداث الرياضيات الـلازمة للتطبيقات المطلوبة، الأمر الـذي لم يحاوله من قبل لا نيوتن ولا مـدرسة الميكـانيكـا الأوربية المعـاصرة Contemparary Continental School of Mechanics . إذ قـدموا على سبيل المثـال أدبيات زاخـرة وغـزيرة وبعض التقنيـات الـريـاضيـة ذات الفعـاليـة المؤثـرة للغـايـة في مجال علم دينـاميكـا الموانع «الهيـدرو دينـاميكـا»، ومشكلات الأوتـار المهتزة . وتـوضح مشكلات التطبيق هـذه ما يمكن اعتبـاره أكثر الجهـود العلمية روعـة وإثارة لـلاهتمام في القرن الثـامن عشر. ويمكن الاهتداء إلى أمثلة أخرى عن طريق الدراسة الفاحصة لفترة ما بعد النموذج الإرشادي في مجال تطـور علم الـدينـاميكا الحراريـة أو النظـريـة الموجيـة للضوء أو النظـريـة

(١٠) Wolf, ep, cit., pp 75-81, 96-101; and William Whewell, History of the Inductive Sciences (rev. ed., London 1847), 11,213-71.

الكهرومغناطيسية أو أي فرع آخر من فروع العلم تكـون قوانينه الأساسية قوانين كمية محضة. والجديـر بالذكر أن غـالبية الأعمال النظريـة، على الأقل في مجال العلوم التي يغلب عليها الطابع الرياضى، هي من هذا الطراز.

ولكنهـا ليست جميعها من هـذا الطـراز. إذ تـوجد حتى بين العلـوم الـرياضيـة مشكلات نظـرية خـاصة بإحكـام وصقل النمـوذج الإرشادى. وتسـود الهيمنة لهذه المشكلات خلال الفترات التي يكون فيها الطـابع الكيفى هو الطابع الغالـب للتطور العلمى. ويلاحظ أن بعض المشكـلات في كل من العلوم التي يغلب عليهـا الطابع الكمي والكيفي على السواء، تهدف فقط إلى التـوضيح عن طريق إعادة الصيـاغة. فكتـاب أسس الريـاضيـات «البرنكيبيا» على سبيل المثـال، لم يثبت أنـه عمل سهل التطبيق دومـا، ويرجـع ذلك جزئيـا لاحتـوائه على قدر من الفجـاجـة، وهي شىء حتمى في أي محاولة رائدة تجرى لأول مرة، ويرجع من نـاحية أخرى إلى أن جانبا كبيرا من مـدلـوله كـان متضمنـا فقط في تطبيقـاتـه. وعلى أيـة حال فبـالنسبـة لكثير من التطبيقات الأرضيـة ظهرت مجمـوعة من التقنيـات الأوربية ذات الفعـالية الشـديدة للغاية وإن بدت غير مترابطة ولهذا نجد أنه ابتداء من أيولر ولا جرانج في القرن الثامن عشر إلى هاملتون وجـاكوبي وهرتز في القرن التـاسع عشر حاول مرارا كثيرون من ألمع علماء الفيزياء الريـاضية في أوربا وضع صياغة جديدة للنظريـة الميكانيكية في صورة مكـافئة ولكن أكثـر إقناعـا من وجهـة النظر المنطقيـة والجمالية. لقـد شاءوا عـرض القضايا والأفكار الصريحة والضمنية في كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» في صورة جديدة أكثر اتساقا من الناحيـة المنطقية، بحيث تكون في آن واحد أكثر تجانسا وأقل غموضا عند تطبيقها على مشكلات الميكانيكا التى تحددت بدقة حديثا(١١).

ولقد تكررت مرارا محاولات ممـاثلة في جميع العلوم لوضع صياغـة جديدة لنموذج إرشادى، ولكن غالبيتها أفضت إلى تحولات جوهرية في النموذج الإرشادى أهم كثيرا من الصياغـات الجديدة لكتاب أسس الريـاضيات لنيوتن والتي تحدثنا عنهـا آنفا.

---

(١١) Rene Dugas, Histoire de la mécanique (Neuchatel, 1950), Books IV-V. Vol. II, No.2

وحدثت هذه التحولات نتيجة للعمل التجريبى الـذى عرضناه قبل ذلك باعتبار أنه يهدف إلى وضع نموذج إرشـادى. والحقيقة أننـا نتعسف حين ندرج هـذا الطراز من العمل ضمن العمل التجـريبى، ذلك لأن مشكـلات تحديـد وإحكـام النمـوذج الإرشادى هى في آن واحد مشكلات نظرية وتجريبية أكثر مما هو الحال في أي نوع آخر من البحوث القياسية. وتفيـد هنا أيضا الأمثلة سالفة الذكـر. ذلك أن كولوم اضطر قبل أن ينشىء جهـازه وقبل أن يجرى قيـاساتـه إلى أن يستخـدم النظـرية الكهـربيـة لتحديد كيفية بناء هذا الجهاز. وتمخضت قياساته عن صقل تلك النظرية. وكذلك فإن الـرجال الـذين وضعوا تصميم التجـارب التى تستهدف التمييـز بين النظريـات المختلفة عن التسخين بالضغط كانوا هم أولئك الـرجال الذين وضعوا الصيغ المعدلة المقـابلة لها. لقـد كـانـوا يعملون في إطـار الـواقع والنظـرية معـا، ولم يثمـر عملهم معلومات جديـدة فقط بل أثمر أيضا نموذجا إرشاديا أكثر دقـة، ذهبت عنه مظاهر الغموض التي شابت النموذج الإرشادى الأصلى الذى انطلقـوا منه. والجدير بالذكر أن الجانب الأكبر من نشـاط العلم القيـاسى هـو من هذا الطـراز في كثير من فـروع العلم.

إن هذه الفئـات الثلاث من المشكـلات ـ تحديد الحقـائق الهامة ذات الـدلالة، وملاءمة الحقائق مع النظرية، وصياغـة النظرية ـ تستوعب تماما، فيما أرى، أدبيات العلم القيـاسى التجـريبية والنظـريـة معـا. ولكنها بطبيعـة الحال لا تستـوعب كل أدبيات العلم. فثمة أيضـا مشكلات استثنائية، ولعل حسمهـا هو الذي يجعل من المشروع العلمي في إجماله أمرا قيما بصورة متميزة. بيد أن المشكلات الاستثنائية ليست رهن الإشـارة، إنها تظهـر فقط في منـاسبـات خـاصـة تتهيأ بفضل تقـدم البحـوث القياسية. لذلك من المحتم أن تندرج الغالبية الساحقة من المشكلات التي يضطلع بحلها العلماء، بما في ذلك أفضلهم والأعلام المتميـزون منهم، ضمن إحدى الفئات الثلاث التى أوجـزناها آنفـا. إن العمل بموجب نمـوذج إرشادى لا يمكـن أن يجرى بأى وسيلة أخرى، والتخلى عن النموذج الإرشادى، أو العمل بدونه، يعنى التوقف عن ممارسة العلم الذي يحدده النموذج. ولكـن سوف يبين لنا بعد قليل أن مثل هذا

التخلي يحدث أحيانا . وتكـون حالات التخلى هذه هى المرتكز أو المحـور الذي تدور حوله الثورات العلمية . ولكن يلـزم قبل الشروع في دراسة مثل هذه الثورات أن نهىء نظرة أكثر شمولية عن الجهود العلمية القياسية التى تمهد السبيل إلى ذلك .





الفصل الرابع
العلم القياسي وحل الألغاز

لعل القسمـة المثيرة أكثر من سـواهـا من بين القسمات المميزة لمشكـلات البحث القياسي التي عـرضنا لها حتى الآن هي أن هـذه المشكلات قليـلا ما تعمـد إلى إنتاج إبـدعـات ذات شأن كبير سـواء في نطاق المفـاهيم أم في نطـاق الظـواهـر. ويحدث أحيانا، كما هو الحال في قياس أطوال الموجات، أن يكون كل شيء معروفا مقدما فيما خـلا التفاصيل المتخصصـة للغـاية المتعلقـة بالنتيجـة، أمـا نطاق التغيرات المتـوقع حـدوثها في النتـائج فهـو نطاق محدود جـدا. إذ ربما لم يكن من الضروري أن تكـون قياسـات كولوم مطـابقة لقانـون التربيع العكسي، وغالبـا ما كان البـاحثون في مجال التسخين عن طريق الضغـط على استعداد لقبول أي نتيجـة من بين نتائج عـديدة. ولكن حتى في حـالات كهـذه كـان مدى النتـائج المتـوقعـة سلفـا، ومن ثم يمكن ا ستيعـابها وتمثلهـا، مـدى ضئيل دائما بـالقيـاس إلى المدى الـذي يمكن أن يـرسمـه الخيال. وعـادة ما يكون المشروع الـذي لا يدخل ناتجه في إطـار هذا الهامش الضيق ليس إلا مجرد فشل بحثى، الأمـر الـذي يعنى أن الخطأ ليس خطأ الطبيعـة بل خطأ العالم أو الباحث ذاته.

ففي القرن الثامن عشر على سبيل المثال كان الاهتمام قليلا بالتجارب التي تقيس التجـاذب الكهربى مستخـدمـة أجهزة مثل الميـزان ذي الكفتين أو غيره. وحيث أن نتائج هـذه التجارب لم تكن نتـائج ثابتة ولا بسيطـة فقد تعذر استخـدامها لصيـاغة النموذج الإرشادى التـي انبثقت عنه، ولهذا ظلت مجرد وقائع غير مرتبطـة وغير قابلة للارتباط بعملية التقدم المتصلة للبحث الكهربائى. بيد أننا الآن فقط عندما نسترجع

أحداث الماضي في ضوء نموذج إرشادى لاحق نستطيع أن نتبين حقيقة خصائص الظواهر الكهربائية التي تكشف عنها. وطبيعى أن كولوم ومعاصريه كان بين أيديهم أيضا هذا النموذج الإرشادي الأخير أو نموذجا يجيز لهم توقع نفس النتائج أثر تطبيقه على مشكلة التجاذب. وهذا هو السبب في أن كولومب استطاع أن يصمم جهازا أعطى نتيجة يمكن اعتبارها عنصرا مكملا للنموذج الإرشادى. ولكن هذا هو السبب أيضا في أن تلك النتيجة لم تدهش أحدا، وفي أن معاصرى كولوم كان بمقدورهم التنبؤ بها مقدما. بل إن المشروع الذي كان يرمي إلى وضع نموذج إرشادي لم يكن يهدف إلى اكتشاف ابتكار غير مرتقب.

ولكن إذا لم يكن هدف العلم القياسي اكتشاف إبداعات ذات شأن كبير ـ وإذا كان الفشل في الاقتراب من النتيجة المقدرة سلفا هو عادة فشل من جانب العالم الباحث ـ إذن لماذا يتم الاضطلاع بهذه المشكلات والتصدى لها أساسا؟ سبق أن عرضنا جانبا من الإجابة على هذا السؤال. فالنتائج التي نصل إليها من خلال البحث القياسي تعتبر هامة في نظر العلماء على الأقل لأنها تضيف جديدا من حيث نطاق ودقة تطبيق النموذج الإرشادى. بيد أن هذه الإجابة غير كافية لتفسير ما يبديه العلماء من حماس وتفان في سبيل حل مشكلات البحث القياسي. إن أحدا لا ينذر سنوات من عمره من أجل، استحداث مقياس أفضل لقياس الطيف أو من أجل الوصول إلى حل أوفق لمشكلة الأوتار المهتزة لا لشيء إلا ابتغاء المعلومات الهامة التي سيحصل عليها. فالبيانات التي يمكن الوصول إليها عن طريق حساب التقويم الفلكي أو عن طريق المزيد من القياسات باستخدام أداة معروفة من قبل غالبا ما يكون لها نفس القدر من الأهمية والدلالة، بيد أن هذا الضرب من الأنشطة يزدريها عادة العلماء لأنها في الأساس ترديد وتكرار لإجراءات سبق أداؤها. وإن هذا الرفض يهدينا إلى مفتاح يكشف لنا سر السحر الكامن في مشكلة البحث القياسى الذي يأسر الباحثين. إذ على الرغم من أن نتيجة البحث يمكن تقديرها سلفا، وغالبا ما يكون تقديرها بتفصيل شديد بحيث ما يبقى مجهولا منها وبحاجة إلى أن نعرفه هو في حد ذاته شيء غير هام، إلا أن وسيلة الوصول إلى تلك النتيجة تظل موضع شك إلى

حد كبير جدا. إن الوصول بمشكلة البحث القياسي إلى نتيجة نهائية يعني الوصول إلى ما هو مقدر سلفا بوسيلة جديدة، وهو ما يتطلب حل جميع أنواع الألغاز على مستوى الأداة والمفاهيم والمستوى الرياضى. وأن من ينجح في ذلك إنما يقيم البرهان على أنه خبير في حل الأحاجي والألغاز. ويمثل التحدي الذي يفرضه اللغز جانبا هاما من بين الأسباب التي تحفزه عادة.

إن مصطلحى «اللغز» و«حلاَّل اللغز» يلقيان ضوءا على العديد من الأفكار الأساسية التي برزت باطراد في الصفحات السابقة. والألغاز حسب المعنى القياسي السائد هنا تعنى تلك الفئة من المشكلات المحددة التي تهيء لكل باحث فرصة لإثبات قدرته الإبداعية وبراعته في وضع الحلول. وتعرض قواميس اللغة الإنجليزية أمثلة توضيحية لبيان معنى كلمة لغز منها ما يلي: «لغز إعادة ترتيب المكعبات أو الصور» و«لغز الكلمات المتقاطعة»، وهذه هي الخصائص التي تمثل قاسما مشتركا بينها وبين مشكلات العلم القياسي التى نريد أن نفردها هنا الآن. وسبق أن ذكرنا إحدى هذه الخصائص. والمعروف أن معايير جودة اللغز ليس من بينها أن تكون نتيجته هامة أو عظيمة الشأن بحكم طبيعتها الأصلية. بل على العكس إذ نجد أن المشكلات الملحة حقا مثل الشفاء من مرض السرطان أو وضع خطة لسلام دائم، ليست في الغالب الأعم ألغازا على الإطلاق. ويرجع ذلك أساسا إلى أنها قد تكون بغير حل. ولكن لنتأمل معا لغز إعادة ترتيب الصور أو المكعبات الذي يجرى انتقاء أجزائه عشوائيا من داخل صندوقين مختلفين خاصين باللغز. وحيث أن الأرجح أن تستثير هذه المشكلة (وربما لا يحدث) تحدى الناس بما في ذلك أكثرهم عبقرية، فإنها لا تفيد كاختبار مهارة في الحل. ومن ثم فهى ليست لغزا على الإطلاق بأى معنى من المعانى المألوفة. وعلى الرغم من أن القيمة الأصلية ليست معيارا للغز، إذن فإن المعيار هو وجود حل مؤكد وضرورى.

ولكن سبق أن تبين لنا أن إقرار نموذج إرشادي من شأنه أن يهيء لجماعة البحث العلمي، من بين جملة أمور أخرى، معيارا لاختيار المشكلات التي يمكن افتراض وجود حل لها طالما ظل النموذج الإرشادى أمرا مسلما به. وهذه إلى حد كبير هي

المشكلات الوحيدة التي سيقبلها المجتمع العلمي كمشكلات علمية أو يشجع أعضاءه على الاضطلاع بها. أما المشكلات الأخرى، ومنها مشكلات كثيرة كانت تعتبر في السابق مشكلات معيارية، فإنه نبذها باعتبارها مشكلات ميتافيزيقية أو لأنها تدخل في نطاق اهتمام مبحث آخر أو أحيانا لأنها مشكلات مشكوك في أمرها ولا تستحق إضاعة الوقت معها. وبناء على ذلك فإن النموذج الإرشادى يمكن أن يباعد بين المجتمع العلمى وبين مشكلات هامة اجتماعيا والتى لا يمكن ردها أو اختزالها إلى صورة لغز وذلك لأنه لا سبيل إلى تحديدها وصياغتها في ضوء الأدوات المفاهيمية والفعالة التى يزودنا بها النموذج الإرشادى. فمثل هذه المشكلات قد تعد صرفا للانتباه، وهو درس أوضحته بذكاء وبراعة جوانب عديدة من مذهب بيكون في القرن السابع عشر وبعض العلوم الاجتماعية المعاصرة. وإن أحد الأسباب التي تجعل العلم القياسى يبدو لنا وكأنه يتقدم بسرعة كبيرة أن ممارسيه يركزون على مشكلات لا يحول بينهم وبين حلها سوى افتقارهم إلى البراعة والإبداع.

ولكن إذا كانت مشكلات العلم القياسي ألغازا بهذا المعنى فإننا لن نكون بحاجة بعد ذلك إلى السؤال عن السبب في أن العلماء يتصدون لها بمثل هذا الحماس والتفاني. إن الإنسان قد تجذبه إلى العلم أسباب من جميع الأنواع. نذكر من بينها الرغبة في أن يكون نافعا، ونشوة استكشاف مجال جديد، والأمل في اكتشاف نظام، والدافع إلى اختيار المعارف المستقرة. وهذه الحوافز، علاوة على غيرها، تساعد على تحديد المشكلات الخاصة التي سوف تشغل بال رجل العلم فيما بعد. زد على ذلك أنه على الرغم من أن الأمر قد ينتهى بتولد مشاعر إحباط بين حين وآخر، إلا أن ثمة سببا حقيقيا يوضح لنا لماذا هذه الدوافع تكون أول ما يشد انتباهه وتظل تحثه ليمضى في سبيله قدما[١]. إن المشروع العلمي في إجماله يثبت بالبرهان بين الحين والآخر أنه

(١) الاحباطات الناجمة عن الصراع بين دور الفرد وبين النمط الشامل للتطور العلمى يمكن أن تصبح من حين إلى آخر أمرا جد خطير. وفي هذا الموضوع انظر.

Lawrence S. Kubie (Some Unsolved Problems of the Scientific Career), American Scientist, XLI (1953) 596 - 613 and XLII _1954) 104 - 12

نافع ويفتح أرضـا جديدة، ويكشـف عن النظام ويختبر معتقدات راسخـة استقرت منـذ زمن طـويل. إلا أن هـذا ليس هــو مـا يشغل المرء العـاكف على مشكلـة من مشكـلات البحث القياسى. إذ مـا أن يعكف على المشكلة حتى يكـون حافـزه على العمل نوعا آخر تماما. إن مـا يتحداه الآن هو اقتناعه بأنه لو كان بـارعا حاذقا بما فيه الكفاية، فإنه سوف ينجح في حل لغز لم يحله أحد من قبل أو لم يبلغ أحد ما بلغه هو من حيث مستوى الجودة في حله. وإن الكثيرين من أصحاب أعظم العقول العلمية قد نـذروا كل اهتمامهم المهني سعيا وراء ألغاز من هـذا الضرب. وفي أغلب الأحيان نجد أن هذا هو كل ما يقدمه أي مجال من مجالات البحث المتخصصة، وهي حقيقة تجعل الأمر لا يقل سحرا وجاذبية عن الإدمان الحق.

لننتقل الآن إلى وجه آخر، أشـد صعوبة ولكنه أكثر إلهاما، ويتعلق بـالمقابلة بين الألغاز وبين مشكـلات العلم القياسي. فإذا كان لنا أن نصنف مشكلـة ما على أنها لغز فلا بـد وأن تتسم بأكثر من حل مؤكـد. ولا بد وأن تكون هناك أيضـا قواعد تحد من طبيعة الحلـول المقبولة وكـذا من الخطوات التي تصل بنا إلى هـذه الحلول. فحل لغز المكعبـات والرسوم على سبيل المثال ليس مجرد «تشكيل صـورة». ذلك أن طفلا أو فنانا معـاصرا يمكنه أن يفعل ذلك عن طريق نثر بعض قطع يختارهـا فوق أرضية محايدة، وذلك باعتبارها أشكالا تجريدية، وقد تكون الصورة الناتجة عن ذلك أفضل كثيرا، وستكون يقينا أكثر أصالة من الصورة التي كان يمكن أن يشكلها اللغز. ومع هذا فإن تلك الصورة لن تكون حلا للمشكلة. إذ أننا لكي نستخدم جميع الأجزاء لا بد وأن تكون أسطحهـا المستوية غير المزخرفة مقلوبـة ومتجهة إلى أسفل، ولا بد وأن تتشابك مع بعضها في سلاسة ودون عنف حتى لا تتبقى أي ثقوب أو فواصل. فهذه هى بعض القـواعـد التى تحكم وتنظم حلول لغـز المكعبـات والـرسوم. وقـد أمكن اكتشـاف قيود مماثلة تنظـم الحلول المقبـولة لألغـاز الكلمات المتقـاطعة والأحـاجي «الفوازير» وحيل الشطرنج وغيرها.

وإذا كان من الملائم لنا أن نستخـدم مصطلح «قاعدة» استخداما يجعلـه أحيانا مرادفا لعبارة «وجهة النظر المعتمـدة» أو «المفهوم أو التصور الذهنى المسبق» ـ سوف

يبين لنا أن المشكلات التى يمكن تناولها ومعالجتها في إطار تراث بحثى معين تكشف عن شيء يشبه كثيرا خصائص اللغز. فالباحث الذى يصنع أداة لتحديد أطوال الموجة البصرية لا بد أنه غير قانع بجهاز لا يفعل سوى نسبة أرقام محددة إلى خطوط طيفية بذاتها. إنه ليس مجرد مستكشف أو قيّاسا. بل على العكس إذ يتعين عليه أن يوضح من خلال تحليل جهازه في ضوء النظرية البصرية المعتمدة أو السائدة أن الأرقام التي يعرضها جهازه هي الأرقام التى تقرها النظرية كأطوال موجات. ولكن إذا كانت النظرية لا تزال تفتقر إلى قدر من الدقة والتحديد أو إذا كانت هناك بعض العناصر التى لم يحللها الجهاز بعد، الأمر الذي يحول دونه استكمال البرهان فإن أقرانه من الباحثين قد يستخلصون من ذلك نتيجة مؤداها أنه لم يقس شيئا على الإطلاق. مثال ذلك النهايات العظمى للتشتت الالكترونى التى تم تشخيصها مؤخرا باعتبارها مؤشرات لطول موجة الالكترون لم يكن لها أي أهمية ظاهرة عندما شوهدت وتم تسجيلها لأول مرة. إذ كان يتعين قبل أن تصبح مقاييس لأي شيء، ربطها بنظرية تنبأت بالسلوك شبه الموجى للمادة وهي في حالة حركة. وحتى بعد توضيح هذه العلاقة كان لزاما إعادة تصميم الجهاز بحيث يمكن ربط النتائج التجريبية ربطا واضحا لا لبس فيه بالنظرية[٢]. ولم يتأت حل أي مشكلة إلا بعد استيفاء هذه الشروط.

وثمة أنواع مماثلة من الضوابط التي تقيد الحلول المقبولة للمشكلات النظرية. فالملاحظ على مدى القرن الثامن عشر أن العلماء الذين حاولوا استنتاج حركة القمر المشاهدة من قوانين نيوتن عن الحركة والجاذبية قد أخفقوا في مسعاهم دائما وأبدا. ونتيجة لذلك اقترح بعضهم إبدال قانون التربيع العكسى بقانون آخر انحرف عن ذلك قليلا. ولكن لكي يحدث ذلك كان لا بد من تعديل النموذج الإرشادى وتحديد لغز جديد والتخلى عن حل اللغز القديم. وعندما حدث ذلك أبقى العلماء على القواعد إلى أن اكتشف أحدهم في عام ١٧٥٠ كيف يمكن تطبيقها بنجاح[٣].

(٢) للاطلاع على عرض موجز لتطور هذه التجارب انظر ص٤ من كتاب. C.j.Davidson's Lecture in les Prix Nobel en 1937 (Stockholm 1938)

(٣) W.Whewell, History of the Inductive Sciences (rev. ed : London, 1847), II 101.5,220 - 22.

ذلك أن التغير في قواعد اللعبة هو وحده الذي يوفر البديل .

وتكشف لنا دراسة تقاليد العلم القياسي عن كثير من القواعد الإضافية التي تبين لنا بوضوح الالتزامات التي يستمدها العلماء من النماذج الإرشادية التي يعملون في نطاقها . ترى ما هي الفئات الرئيسية التي تندرج تحتها هذه القواعد؟[٤] . أوضح هذه الفئات ، وربما أيضا أكثرها إلزاما ، هي أنواع التعميمات التي أشرنا إليها توا وضربنا لها الأمثلة . فهذه بيانات صريحة عن القانون العلمي وعن المفاهيم والنظريات العلمية . إذ طالما ظلت هذه البيانات موضع تقدير، فإنها تساعد على تحديد الألغاز وتعيين الحلول المقبولة . وقد أدت قوانين نيوتن على سبيل المثال هذا الدور على مدى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. وطالما كانت هذه القوانين سارية المفعول ظلت فكرة كمية المادة مقولة أنطولوجية أساسية عند علماء الفيزياء حول طبيعة هذا الكون وظلت القوى الفعالة بين أجزاء المادة هي الموضوع المهيمن على البحث[٥] . وفي مجال الكيمياء ظل لقوانين النسب الثابتة والمحددة تأثير مماثل تماما لزمن طويل ــ فعلى تحديد مشكلة الأوزان الذرية ، وتعيين النتائج المقبولة للتحاليل الكيميائية ، وإعلام الباحثين الكيميائيين بماهية الذرات والجزيئات والمركبات والأخلاط[٦] . كذلك فإن معادلات ماكسويل وقوانين الديناميات الحرارية الإحصائية لها نفس الهيمنة والدور اليوم .

بيد أن القواعد التى من هذا النوع ليست هي الضرب الوحيد بل ولا الضرب الأهم الذي تكشف عنه الدراسة التاريخية . إذ يوجد على سبيل المثال عند مستوى أدنى أو أكثر عيانية من مستوى القوانين والنظريات كم هائل من الالتزامات نحو

---

(٤) أنا مدين بهذه المسألة للعالم و. أ. هاجستروم Hagstrom الذي يتجاوز جهده في علم الاجتماع أحيانا ما بذلته أنا من جهد .

(٥) عن هذه الجوانب من نظرية نيوتن انظر:

I. B. Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculatice Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia, 1956), Chap. vii, esp. pp. 255-57, 275-77.

(٦) نوقش هذا المثال بإسهاب قبيل خاتمة الفصل العاشر.

أنماط مفضلة نحو الأجهزة المتخصصة والسبل المشروعة لاستخدام المقبول منها. فإن تغيير الاتجاهات نحو دور النـار في التحاليل الكيميائيـة كان أمرا له أهميـة حيوية في تطور الكيمياء خلال القرن السابع عشر(٧). وواجه هلمهولتز في القرن التاسع عشر مقاومـة عنيفة من جانب علماء الفسيـولوجيا للفكرة القـائلة إن التجريب الفيـزيائي يمكن أن يجلو ميدان بحثهم ويزيده وضوحا(٨). ونلحظ خلال هذا القرن نفسه أن التاريخ اللافت للنظـر للفصل الكروماتوجـرافى الكيميائي يعطينا مثالا ثـانيا يوضح بقاء الالتـزامات إزاء الأدوات التى تـزود العلماء بقواعـد اللعبة، شأنها شـأن القوانين والنظريات(٩). وعندما نحلل اكتشاف الأشعة السينية سنجد أسبابا تبرر التزامات من هذا النوع.

ولعل الالتـزامات الأخرى التـي تعتمد بصـورة أقل على خصائص محليـة ووقتية للعلم دون أن تكون قابلة للتغير دائما هي الالتزامات الأرقى مستوى شبه الميتافيزيقية التي تكشف عنها بـانتظام الدراسـة التاريخية. فبعد عـام ١٦٣٠ على سبيل المثال، وخاصة بعـد صدور مؤلفات ديكـارت التي كان لها نفوذ كبير للغايـة على الكتابات العلميـة، افترض أكثـر علماء الفيـزيـاء ان الكـون يتألف من جسيمات مجهـريـة «ميكروسكوبية»، وأن جميع الظواهـر الطبيعية يمكن تفسيرها في ضوء شكل وحجم وحـركـة وتفاعـل الجسيمات. وثبت أن هذه المجمـوعـة من الالتـزامـات إن هى إلا التزامات ميتافيزيقية بقدر مـا هي التزامات منهجية «ميثود ولوجية». فمن حيث أنها ميتافيزيقية أفادت العلماء عن أنواع الكيانات التي اشتمل عليها الكون وما لم يشتمل عليها: فلم يكن ثمـة سوى مادة اكتسبت صورة وحركـة. ومن حيث أنها منهجية، أي متعلقـة بمناهج البحث، فقـد أفـادتهم عن الكيفيـة التي يجب أن تكون عليهـا

(٧) H. Metzger, Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe siècle à la fin du XVIII^{e} siècle (Paris, 1923), pp. 359-61; Marie Boas, Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry (Cambridge, 1958), pp. 112-15.

(٨) Leo Konigsberger, Hermann von Helmholtz, trans. Francis A. Welby (Oxford, 1906), pp. 65-66.

(٩) James E. Meinhard, "Chromatography: A.Perspective," Science CX(1949), 387- 92

القـوانين المعلقة والتفسيرات الأسـاسيـة: يجب أن تحدد القوانين حـركـة وتفاعـلات الجسيمات، ويجب أن يرد التفسير أي ظاهرة طبيعية معطاة إلى فعل جسيمي بموجب هـذه القـوانين. ولكن الشيء الأهم بعـد هذا أن المفهـوم الجسيمي عن الكـون أفـاد العلماء عما ينبغي أن تكـون عليـه أكثـر مشكـلات بحـوثهم. مثـال ذلك أن عـالم الكيميـاء، مثل بـويل، الـذي استـوعب الفلسفـة الجديدة أعطى اهتمامـا خـاصـا للتفاعـلات التي يمكن النظر إليها باعتبـارها تحولات في العناصر الكيميائيـة. ولقد كشفت هذه بوضـوح أكثر من سواها عن عمليـة إعادة الترتيب الجسيمي التي لا بد وأن تشكل أسـاس كل تغير كيميـائي[١٠]. ويمكن أن نلحظ نتـائج مماثلـة للنظرة الجسيمية في دراسة الميكانيكا والبصريات والحرارة.

ونجد أخيرا عند مستوى أرقى مجموعة أخرى من الالتزامات والتي بدونها لا يكون المرء عالما. إذ يتعين على رجل العلم أن تشغلـه «على سبيل المثال» مسألـة فهم العالم الذي حوله وأن يوسع مجال الدقة والمدى الذي يخضع لها هذا المجال وتنظمه. ولا بد وأن يقوده هذا الالتـزام بالتالي إلى أن يدقق ويمعن النظر، سـواء لنفسه أو من خلال أقرانـه، في بعض جوانب الطبيعـة بتفصيل تجريبي واف. وإذا كشف هذا التـدقيق عن جيوب يشوبها خلل ظـاهر، فلا بد وأن يستثير هـذا تحديه ويحثه على العمل من أجل صقل تقنيات جـديدة وصولا إلى مشاهـدات أكثر دقة، أو من أجل مـزيد من توضيح نظريـاته. وهناك دون ريب قواعد أخرى ممـاثلة لهذه لها أهمية كبرى، والتزم بها العلماء في جميع الحقب والأزمان.

وإن وجود هذه الشبكة القـوية من الالتزامات ـ المفـاهيمية والأداتية والمنهجية ـ هو المصـدر الأساسي للتشبيـه المجازي الـذي سقناه حين ربطنـا بين العلم القياسي

---

(١٠) عن النظرة الجسيمية بوجه عام انظر:

Marie Boas, “The Establishment of the Mechanical Philosophy,” Osiris, X (1952), 412-541. For its effects on Boyle’s

وعن آثارها على كيمياء بويل انظر:

T. S. Kuhn, “Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century,” Isis, XLIII (1952), 12-36.

وبين الألغـاز. إذ نظـرا لأنها تـزود البـاحث الممارس صـاحب التخصـص النـاضج بالقواعد التي تقـول له ما هو عالمه وما هو علمه، وأن بإمكـانه أن يركز عن يقين على المشكلات المتخصصة التي تحددهـا له هذه القواعـد ومعارف عصره. وإن ما يستثير تحديه الشخصي الآن هو كيف يصل إلى حل للغز المتبقى. وتفيـد وجهة النظر هذه، وغيرها، إن دراسـة الألغاز وقـواعدهـا تيسر لنا فهما أفضـل لطبيعة الممارسـة العلمية القياسية. بيد أن وجهة نظر أخرى تقرر أن هذه المقابلة يمكن أن تسبب خلطا كبيرا. إذ على الرغم من وجود قـواعد يلتزم بها في زمن معين جميع أهل التخصص العلمي، إلا أن تلك القـواعد قـد لا تحدد بذاتها كـل الخصائص المشتركـة في الممارسة العلميـة لأولئك الأخصائيين. إن العلم القياسى نشاط محدد لدرجة كبيرة للغاية. ولكن ليس ضروريا أن تحدده القواعد تحديدا كاملا وشاملا. وهذا هو السبب في أننى في مستهل هـذه الـدراسـة، تحدثت عن نماذج إرشـاديـة مشتركـة وليس عن قـواعـد مشتركـة وافتراضات ووجهات نظر بـاعتبار أن تلك النماذج هي مصدر الترابط والاتساق بين تقـاليد البحث القيـاسي. وعندي أن القـواعـد تشتق من النماذج الإرشاديـة غير أن النماذج الإرشادية يمكنها أن توجه البحث حتى في حالة عدم وجود قواعد.



الفصل الخامس

أسبقية النماذج الإرشادية

لكي تكتشف العلاقـة بين القواعد والنماذج الإرشادية والعلـم القياسي علينا أن نتأمل أولا كيف يحصر المؤرخ مواضع الالتزام الخاصة التى وصفنـاها توا بأنها القواعد المسلم بصحتها . وإن الدراسة التاريخية المدققة لتخصص علمي محدد، في فترة زمنية معينـة، إنما تكشف عن مجمـوعة مـن الأمثلة التـوضيحيـة المتكـررة وشبه المعيـاريـة لنظـريــات متبـاينـة فيما يتعلق بــاستخـدامـاتها على مستــوى المفـاهيم والأدوات والمشاهـدات . وهذه هي النماذج الإرشـادية لجماعـة البحث العلمي، التي تعـرضها الكتب الدراسيـة والمحاضرات والتطبيقات المعمليـة . وحين يدرسها أعضـاء جماعة البحث، ويسترشدون بها في التطبيقات العملية، فإنهم يتعلمون تخصصهم . وطبعى أن المؤرخ سيكتشف علاوة على هذا منطقة شبه ظل تشغلها إنجازات لا تزال موضع شك وتساؤل من حيث وضعهـا، إلا أن لب المشكلات التي تسنى حلهـا والتقنيات يكون واضحا عـادة . وعلى الرغم من مظاهر اللبس والغمـوض التي تبدو بين الحين والآخـر، إلا أن من اليسير نسبيـا تحديد النماذج الإرشـاديـة لمجتمع علمى بلغ حـد النضج .

بيد أن تحديد النماذج الإرشادية المشتركة ليس تحديدا للقواعد المشتركة . إذ أن هذا يستلزم خطـوة ثانيـة ومن نوع مغايـر إلى حد مـا . وحين يضطلع المؤرخ بهذه الخطوة يتعين عليـه أن يقارن بين النماذج الإرشـاديـة للمجتمع العلمى بين بعضها بعضـا، وكـذلك بينها وبين التقـاريـر التى تصدرهـا جماعـة البحث عن بحـوثها العلميـة .

وهدف المؤرخ هنا هـو اكتشاف العناصر التى يمكن عزلها صراحـة أو ضمنا، والتى من المحتمل أن يكون أعضـاء هذا المجتمع قد استخلصوها مـن نماذجهم الإرشادية الأكثر شمولا وعمومية لتكـون قواعد لبحوثهم. وإن كل من حاول وصف أو تحليل تطور تقليـد علمى محدد لا بد وأنه التمس بـالضرورة في مسعاه معرفة هـذا النوع من المبادىء والقـواعد المسلم بها. وكما يشير الفصل السابق فإن النجـاح هنا مؤكـد ولو بصـورة جزئيـة. ولكن إذا كانت خبرتـه تشبه إجمالا خبرتي فـلا بد وأن سيبين لـه أن مهمـة البحث عن القـواعـد أشـد صعـوبـة وأقل اقنـاعـا من البحث عن النماذج الإرشادية. إن بعض القـواعد العامة التي يستند إليهـا في وصف المعتقدات المشتركة بين أعضـاء الجماعة العلميـة لن تثير أي مشكلة. ولكن بعضهـا، بما في ذلك بعض القواعـد العامة التى أسلفنـا عرضها كـأمثلة توضيحيـة ستبدو أقوى قليـلا. وسواء صيغت في عبـارات ممـاثلـة لهذه، أو بأى صيـاغـة أخـرى يمكن أن يتخيلهـا، فإن مصيرها بـالضرورة الرفض من جانب بعض أعضـاء الجماعة العلمية التى يـدرسها. ومع هذا فإن كان لابد من قواعد يتم في ضوئها فهم الترابط المنطقى لتقاليد البحث، فسوف يكـون ضروريا تحديـد الأرض المشتركة في المجال المنـاظر. ونتيجـة لذلك فإن البحث عن بنيـة من القواعـد تكون أساسـا لتراث بحث قياسى محدد سـوف يصبح مصدر إحباط مطرد وشديد.

ولكن الاعتراف بهذا الإحبـاط ييسر لنـا تشخيص مصـدره. إذ يمكن للعلماء أن يتفقوا على أن شخصا مثل نيـوتن أولافوازييه أو ماكسـويل أو أينشتين قدم حلاً دائما في ظاهرة لمجموعة من المشكلات البارزة، ولكنهم لا يزالون مختلفين، دون أن يدركوا ذلك عن وعي أحيانا، بشأن الخصائص التجريدية المميزة التي تجعل من هذه الحلول حلولا دائمة. إنهم يستطيعون مثلا الاتفاق على تحديد نموذج إرشادى دون أن يتفقوا على، أو حتى محاولة الاتفـاق على، تأويل أو فهم عقلاني كامل لـه. وهكذا يمكن للنموذج الإرشادى أن يـوجه البحوث حتى وإن لم ييسر لنا تفسيرا معياريـا أو قواعد أساسية متفق عليها. وتساعد الدراسة المباشرة للنماذج الإرشادية على أن نحدد جزئيا درجة تطـور العلم القياسي. وإذا كانت هـذه الدراسة تعد أمـرا يسيرا بفضل وجود

قواعد وفروض علمية أحسنت صياغتها بوضوح إلا أنها لا تتوقف عليها . والحقيقة أن وجود نموذج إرشادى لا يحتاج حتى إلى أن يفيد ضمنا بوجود مجموعة كاملة من القواعد(١) .

والشيء الحتمى أن أول نتيجة لتلك البيانات هي إثارة المشكلات . فإن لم توجد جملة من القواعد وافية بالغرض : فما الذي يلزم العالم بتقليد محدد للعلم القياسي؟ وما الذي تعنيه حينئذ عبارة «الفحص المباشر للنماذج الإرشادية»؟ والجدير بالذكر أن الفيلسوف الراحل لودفيج فتجنشتين قدم إجابات جزئية على أسئلة من هذا الطراز، وإن كان قد طرحها ضمن سياق مغاير تماما . وحيث أن ذلك السياق يتصف في آن واحد بأنه سياق أولى وأكثر ألفة لنا ، لذلك فإنه سيساعد على أن نتدبر أولا صورة الحجة التى ساقها . سأل فتجنشتين ما الذي نحتاج إلى معرفته لكي نستخدم مصطلحات مثل «كرسي» أو «ورقة شجر» أو «لعبة» استخداما واضحا لا لبس فيه ودون حاجة إلى جدال ومحاجًا؟(٢) .

هذا السؤال قديم جدا وأجيب عليه إجابة عامة أقول يجب علينا أن نعرف ، عن وعي عقلي أو حدسي ماذا يكون الكرسي أو ورقة الشجر أو اللعبة . بمعني أنه يتعين علينا أن ندرك قدرا من الصفات المشتركة بين جميع أنواع اللعب ، واللعب فقط دون سواها . بيد أن فتجنشتين يخلص من هذا إلى أننا إذا ما عرفنا أسلوب استخدامنا للغة ونوع العالم الذي نستخدم معه هذه اللغة وتطابقها معه ، فلن تكون ثمة حاجة إلى مثل هذه المجموعة من الخصائص كشرط لازم . إذ على الرغم من أن دراسة بعض الصفات المشتركة بين عدد من اللعب أو الكراسى أو أوراق الشجر تساعدنا في

---

(١) استحدث ميشيل بولاني بذكاء يثير الإعجاب فكرة مماثلة تماما ، وأكد أن القسط الأكبر من نجاح رجل العلم يتوقف على «معرفة ضمنية» ، أي على معرفة مكتسبة خلال الممارسة العملية والتي لا يمكن التعبير عنها صراحة . انظر كتابه «المعرفة الشخصية Personal Knowledge (شيكاغو ١٩٥٨) خاصة الفصلين ٥ ، ٦ .

(٢) Ludwig Wittgenstein, Philosophical Investigations, trans. G.E.M Anscombe (New York, 1953), pp. 31-36 ولكن فتجنشتين مع ذلك لا يكاد يقول شيئا عن نوع العالم الضروري لدعم عملية التسمية التي يحدد معالمها . لذلك فإن جانبا من وجهة النظر التالية لا يمكن أن نعزوه إليه .

الغالب على تعلم كيف نستخدم المصطلح المقابل لها عن وعي، إلا أنه لا توجد مجموعة من الخصائص التى يمكن أن تطبق في آن واحد على جميع أفراد الفئة دون سواها. ومن ناحية أخرى فحين نكون قبالة نشاط جديد علينا، فإننا نطلق عليه مصطلح «لعبة» نظرا لما هناك من «أوجه شبه مألوفة» بين ما نراه وبين عدد من الأنشطة الأخرى التى تعلمنا سابقا أن نسميها بهذا الأسم. صفوة القول أن فتجنشتين يرى أن اللعب والكراسى وأوراق الشجر هى فصائل طبيعية ميزت كلا منها شبكة من أوجه الشبه المتداخلة والمتقاطعة. ووجود مثل هذه الشبكة كاف لتفسير نجاحنا في التعرف على النشاط أو الموضوع المقابل. وإذا تداخلت الفصائل التي سميناها وامتزجت ببعضها البعض تدريجيا فإنه هنا فقط ـ وتعنى كلمة فقط أنه إذا لم تكن هناك فصائل طبيعية ـ يستطيع نجاحنا في التعرف على الأشياء وتسميتها أن يكون بينة ودليلا على وجود مجموعة من الخصائص المشتركة التى تناظر كلا من أسماء الفئة التي نستخدمها.

وقد يصدق تماما شيء من نفس النوع على مشكلات وتقنيات البحث المختلفة التى تظهر في إطار تقليد محدد للعلم القياسى. وإن ما هو مشترك بينها ليس أنها تفي بمجموعة من القواعد والافتراضات الصريحة إلى حد ما أو التى حتى يمكن الكشف عنها، وهي المجموعة التى تضفي على التقليد طابعها المميز وتسيطر على العقل العلمي. إنها بدلا من ذلك قد ترتبط ببعضها على أساس التشابه وأنها تأتي على غرار هذا الجزء أو ذاك من البناء العلمى الذى سلمت به الجماعة العلمية موضوع البحث واعتبرته جزءا مكملا من إنجازاتها المستقرة. إن العلماء يعملون انطلاقا من نماذج اكتسبوها من خلال دراستهم ومن خلال مطالعاتهم بعد ذلك لأدبيات العلم ودون أن يعرفوا في الغالب، أو دون أن يكونوا بحاجة إلى أن يعرفوا، ماهية الخصائص التي أضفت على هذه النماذج مكانة النماذج الإرشادية للجماعة العلمية. وبناء على ذلك فإنهم لا يكونون بحاجة إلى مجموعة كاملة من القواعد. وأن التلاحم الذى تكشف عنه تقاليد البحث الذى يشاركون فيه ربما لا يدل ولو ضمنا على وجود مجموعة أساسية من القواعد والافتراضات والتى يمكن أن يكشف عنها فيما بعد بحث تاريخي أو فلسفي. ونظرا لأن العلماء لا يسألون عادة أو لا يجادلون فيما من

شأنه أن يجعل مشكلة ما أو حلا ما أمرا مشروعا، فإن هذا يغرينا بأن نفترض بأنهم يعرفون الإجابة ولو حدسا على الأقل، ولكن هذا قد يفيد فقط أنهم يدركون أنه لا السؤال ولا الجواب له صلة وثيقة بموضوع بحثهم. فقد تكون النماذج الإرشادية أسبق على، وأكثر إلزاما واكتمالا من، أي مجموعة من القواعد الخاصة بالبحث والتى يمكن استخلاصها منها بصورة واضحة تمام الوضوح.

لا تزال هذه النقطة حتى الآن نظرية تماما: النماذج الإرشادية يمكن أن تحدد العلم القياسي دون توسط قواعد يمكن الكشف عنها. وليسمح لي القاريء أن أحاول الآن أن أزيد تلك النقطة وضوحا وتأكيدا لضرورتها وذلك بالإشارة إلى بعض الأسباب التى تدعو إلى الاعتقاد بأن النماذج الإرشادية تعمل بالفعل في هذا الاتجاه ولها هذا الدور. أول هذه الأسباب، سبق مناقشتها باستفاضة كاملة، هو الصعوبة الشديدة التى تواجهنا في سبيل اكتشاف القواعد التى وجهت بعض تراث العلم القياسى وهي مشكلة قريبة الشبة جدا من تلك التى تواجه الفيلسوف حين يحاول بيان القسمات المشتركة بين جميع أنواع اللعب. والسبب الثانى، يعتبر الأول في الحقيقة نتيجة لازمة عنه منطقيا، له جذوره المتأصلة في طبيعة تدريس العلوم. فالعلماء، كما سبق أن أوضحنا، لا يتعلمون أبدا المفاهيم والقوانين والنظريات في صورة مجردة كشىء مستقل بذاته. بل على العكس فالملاحظ أنهم منذ البداية يلتقون بهذه الأدوات الذهنية في وحدة مسبقة تاريخية وتربوية وتفيد هذه الوحدة في توضيح تلك الأدوات الذهنية مع تطبيقاتها العملية ومن خلالها. فكل نظرية جديدة يأتي الإعلان عنها دائما مع سلسلة من التطبيقات المحددة على ظواهر طبيعية، وبدونها لا تكون حتى أهلا للنظر والبحث، وبعد قبولها تقترن هذه التطبيقات نفسها أو غيرها بالنظرية وتلازمها عند عرضها في الكتب الدراسية التي يتعلم منها ممارس المستقبل تخصصه ولا يأتي عرضها هنا مجرد زخرف وزينة أو حتى لمجرد التوثيق. بل على العكس، فإن عملية تعلم نظرية ما تتوقف على دراسة تطبيقاتها، بما في ذلك حل المسائل العملية سواء عن طريق استخدام الورقة والقلم أو عن طريق أدوات داخل المعمل. فلو أن هناك على سبيل المثال طالبا يدرس ديناميكات نيوتن واكتشف يوما ما معنى مصطلحات مثل «القوة» و«الكتلة» و«المكان» و«الزمان» فإن ما يكتشفه

ذلك من خلال التعريفات غير الكاملة، وإن تكن أحيانا تعريفات مساعدة، التى وردت ضمن النص الدراسى أقل مما يكتشفه من خلال المشاهدة والمشاركة في تطبيق هذه المفاهيم على حل المسائل.

إن عمليـة التعلم من خلال التمـرينـات أو من خلال الأداء العملى إنما تستمـر طوال عملية تعلم المبـادىء الأولية لممارسة التخصص. وإذ يواصل الطـالـب مسيرته انطلاقا من السنـة الجامعية الأولى وحتى إعداد رسالته لنيل درجـة الدكتوراه، تصبح المسائل المطـروحة عليـه أكثر تعقيـدا وأقل صلة من سـابقاتها. بيـد أنها تستمر على تماثلها الـوثيق مع إنجازات سـابقة مثلما هو الحال بـالنسبة للمشكـلات التى سوف تشغله بصورة طبيعيـة طوال حياته العلمية المستقلة فيما بعـد. ويبدو واضحا أن المرء حر في أن يفترض أن رجل العلم في لحظة ما على مدى هذه العملية يستخلص لنفسه بصورة حـدسية قواعـد اللعبة لنفسه، وإن لم يكن ثمـة مبرر قوى للإعتقـاد بذلك. وعلى الرغم من أن علماء كثيريـن يتحدثون في يسر وبـوعى عن الافتراضات الفـردية الخاصـة التى يرتكـز عليها أى بحث محدد من البحـوث الموضوعيـة الجادة، إلا أنهم ليسـوا أفضل كثيرا من غير المتخصص عنـد تحديـد الأسس المعتمـدة لمجـال بحثهم ومشكلاتـه وطرق بحثـه المشروعة. ولو أنهم تعلمـوا مثل هذه التجـريدات وألفـوها أصـلا، لعمدوا إلى عـرضها بفضل كفـاءتهم في أداء بحوث نـاجحة. غير أن هـذه القدرة يمكن فهمها وتفسيرها دون الاستعانة بالقواعد الافتراضية للعبة.

وأن هـذه النتائج المترتبـة على التربيـة العلمية لها مقـابلهـا وعكسها الـذى يمثل السبب الثـالث الـذى يدعـونـا إلى افتراض أن النماذج إنما توجـه البحث عن طـريق النمذجة المباشرة «الصياغة المباشرة على غـرار النموذج»، وكذلك من خلال القواعد المجردة. والعلم القياسى يمكنه الانطلاق بدون قـواعد ولكن في حالة واحدة فقط، وذلك عنـدمـا يسلم المجتمع العلمى صـاحب الاختصـاص دون جـدال بحلـول المشكلات الخاصـة التى تم إنجازهـا. ولهذا حرى بأن تصبح القواعـد أمرا لـه شأنه وأهميته، وأن تختفى حالة اللامبالاة المميزة بشأنها، حيثما رؤى أن النماذج الإرشادية أو النماذج غير المأمونة. وهذا هو بالضبط ما يحدث بالفعل إذ تتميز عادة الفترة السابقة على النمـوذج الإرشادى بخـاصة بغلبـة الحوار والمناظـرات المتكررة والعميقـة بشأن

مناهج البحث المشروعة والمشكـلات ومعايير حلها على الرغم من أن هـذه كلها تفيد على الأخص في تحديـد معالم الـدارس أكثر ممـا تفيد في الـوصول إلى اتفـاق إجماعى . وسبق أن أشرنا إلى بعض هذه المناظرات في مجال البصريات والكهرباء ، وكان لها دور أكبر في تطور علم الكيمياء خلال القرن السابع عشر وتطور علم الجيولوجيا في مطلع القرن التـاسع عشر [٣] . زد على هذا أن مناظرات من هـذا الطراز لا تختفي مرة وإلى الأبد فـور ظهور النمـوذج الإرشادى . إذ على الـرغم من أنها تكـاد لا تكون مـوجودة خلال فترات العلم القياسى ، إلا أنها تتواتر بانتظام قبيل الثورات العلمية مباشرة وفي أثنائها ، وهي الفترات التى تكـون فيها النماذج الإرشادية عرضة للهجوم ثـم موضوعا للتغير. إن الانتقـال من ميكانيكـا نيوتن إلى ميكـانيكا الكم أثـار مـناظرات كثـيرة بشـأن كل من طبيعـة الفيزيـاء ومعاييرهـا ، وهـي مناظـرات لا يزال بـعضها دائـرا حـتى الآن [٤] . ولا يزال على قيد الحيـاة رجال يتذكـرون المناقشـات الحـامية التي أثـارتها النظريـة الكهـرومغنـاطيسية التى قـال بها مـاكسـويل كما أثـارتها الميكانيكـا الإحصائية [٥] . وخلال فترة سابقة على هذا أدى استيعاب ميكانيكا جاليليو ونيوتن إلى إثارة سلسلـة من المناظرات اكتسبت شهـرة خاصة مع أنصار أرسطـو وديكارت

(٣) عن الكيمياء انظر
H. Metzger, Les Doctrines chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIe siècle (Paris, 1923), pp. 24-27, 146-49; and Marie Boas, Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry (Cambridge 1958), chap. ii. For geology, see Walter F. Cannon, "The Uniformitarian-Catastrophist Debate," Isis LI (1960), 38-55 and C.C. Gillispie, Genesis and Geology (Cambridge, Mass., 1951), chaps iv-v.

(٤) فيما يختص بالمناظرات بشأن ميكانيكا الكم انظر:
Jean Ullmo, la crise de la physique quantique (Paris, 1950), chap. ii.

(٥)عن ميكانيكا الاحصاء انظر:
For statistical mechanics, See René Dugas, La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prologements modernes (Neuchatel, 1959), pp. 158-84, 206-19.

وعن استقبال أعمال ماكسويل انظر:
Max Planck, "Maxwell's Influence in Germany," in James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume, 1831-1931 (Cambridge, 1931), pp. 45-65, esp. pp. 58-63; and Silvanus P. Thompson, The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs (London, 1910), II, 1021-27.

وليبنتز بشأن المعايير المشروعة للعلم (٦). والخلاصة أن العلماء حين يختلفون حول ما إذا كانت المشكـلات الأساسيـة في مجال بحثهم قد تم حلهـا أم لا، فإن البحث عن القواعـد يصبح له دور غير أدواره العاديـة. إلا أن النماذج الإرشاديـة حين تبقى آمنة ومـؤكـدة فإنها تستطيع أداء وظيفتهـا دون اتفاق بشأن التبريـر العقلى، أو بـدون أى محاولة للتبرير العقلى على الإطلاق.

وثمة سبب رابع يعطى النماذج الإرشادية مكـانة أسبق على القواعد والافتراضات المشتركة، وبـه نختم هذا الفصل. لقـد ألمحنا في مقـدمة هذه الـدراسة إلى إمكـانية حـدوث ثـورات صغيرة وأخـرى كبيرة وإلى أن بعض الثـورات تـؤثـر فقط على أبنـاء تخصص فرعى لمهنة بذاتها، وأن مجرد اكتشاف ظـاهرة جديدة وغير متوقعة يمكن أن يكون حـدثا ثـوريا بالنسبـة لمثل هذه الجماعـات. وسوف يعـرض الفصل التالي من خـلال هذا المنظـور، عددا من الثـورات المختارة من هـذا النوع، وإن لم يتضح بعـد حتى الآن كيف تقـوم. فـإذا كـان العلم القيـاسى شـديـد الصرامـة، وإذا كـانت الجماعات العلمية شديدة التلاحم على نحو ما يبين من العرض السابق، فكيف إذن يؤثر التغير في النموذج الإرشادى على جماعة فـرعية فقط دون سواها؟ إن ما قيل حتى الآن ربما يفيد في ظـاهره أن العلم القياسي مشروع واحـد متجانس وموحـد ولا بد أن يقـوم أو يسقط مع أي نموذج من نماذجـه الإرشـادية وكـذلك معها جميعهـا. ولكن العلم، كما هو واضح، نـادرا ما يكون كـذلك، أولا يمكن أن يكون كـذلك البتة. وإذا ألقينا نظرة شـاملة على جميع مجالات البحث معا فسوف يبـدو لنا بدلا عن ذلك أنه في الغالب بنيـة متداعية، أجزاؤها المتباينـة ضعيفة التماسك. غير أن كل ما قيل حتى الآن ليس فيه ما يتعارض مع تلك الملاحظـة المألوفة تماما. بل على العكس فإن

(٦) للاطلاع على صورة من المعارك مع الارسطيين أنظر:

A Koyré, "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton," Transactions of the American Philosophical Society, XLV (1955), 329-95.

وعن المناظرات مع الديكارتيين وأنصار ليبنتس أنظر:

Pierre Brunet, L'introduction des théries de Newton en France aud XVIIIe siècle (Paris, 1931); and A. Koyré, From the Closed World to the Infinite Universe (Baltimore, 1957), chap. xi.

إبدال فكرة النماذج الإرشادية بالقواعد من شأنه أن يجعل تباين المجالات والتخصصات العلمية أيسر فهما. فالقواعد الصريحة حين توجد، تكون عادة مشتركة مع جماعة علمية واسعة جدا، ولكن النماذج الإرشادية ليست كذلك. والجدير بالملاحظة أن الباحثين في مجالات مستقلة ومتباينة، لنقل مثلا الفلك وعلم النبات التصنيفي إنما يتعلمون من خلال تلقيهم لإنجازات شديدة التباين يجرى عرضها في كتب شديدة الاختلاف. بل إن الباحثين الذين يضمهم مجال واحد أو عدة مجالات وثيقة الصلة ببعضها، ويبدأون بدراسة عامة لنفس الاكتشافات ونفس الكتب قد يكتسبون نماذج إرشادية مختلفة خلال عملية التخصص المهني.

ولنتأمل مثالا وحيدا، المجتمع الواسع للغاية، والمتباين كثيرا، الذى يضم جميع علماء الفيزياء. إن كل واحد من أبناء هذا الفريق يتعلم الآن، لنقل مثلا، قوانين ميكانيكا الكم، ويستخدم أكثرهم هذه القوانين في هذا الموضع أو ذاك من بحوثهم أو تعليمهم. ولكنهم لا يتعلمون جميعا ذات التطبيقات لهذه القوانين، ولهذا فإنهم لا يتأثرون جميعا بطريقة واحدة بالتغيرات التي تطرأ على مجال ممارسة ميكانيكا الكم. ويحدث أثناء عملية التخصص ألا يصادف بعض علماء الفيزياء سوى المبادىء الأساسية لميكانيكا الكم. هذا بينما يدرس آخرون بإفاضة وتفصيل تطبيقات النموذج الإرشادى لهذه المبادىء على الكيمياء، بينما يدرسها آخرون في التطبيقات على فيزياء الجوامد.. وهكذا. إن معنى ميكانيكا الكم بالنسبة لكل منهم رهن بالمقرر الدراسى الذى تعلمه، وبالكتب الدراسية التى قرأها، والصحف العلمية التى طالعها ويطالعها. يلزم عن هذا أنه على الرغم من أن تحولا معينا في قانون ميكانيكا الكم سيمثل حدثا ثوريا في نظر جميع هذه الفرق، إلا أن التحول الذي ينعكس فقط على هذا النموذج الإرشادى أو ذاك لتطبيقات ميكانيكا الكم قد لا يكون بالضرورة ثوريا بالنسبة لأعضاء تخصص فرعى مهني بذاته. أما بالنسبة لبقية المهنة وبالنسبة لأولئك الذين يعملون في مجال آخر من مجالات علم الفيزياء، فليس من الضروري وصف هذا التحول بالثورية على الإطلاق. وصفوة القول أنه على الرغم من أن ميكانيكا الكم (أو دينكاميكا نيوتن أو النظرية الكهرومغناطيسية) تعد نموذجا

إرشاديـا لجماعات علمية كثيرة، إلا أنها ليست ذات النموذج الإرشـادى لهم جميعا. وهكذا يمكنها أن تحدد في آن واحـد تقاليد عديدة للعلم القياسى التى تتـوافق زمانا دون أن تتطابق مجالا. إذ أن حـدوث ثورة في إطـار تقليدى من هـذه التقاليـد لا تمتد بالضرورة إلى التقاليد الأخرى بالمثل.

ولعل مثالا توضيحيا موجزا لأثر التخصص يعطى هذه السلسلة من الأفكار قوة إضافيـة. ذلك أن باحثـا بدا له أن يعـرف ما تمثله النظـرية الـذرية للعلماء، ومن ثم سأل واحدا من علماء الفيـزياء المبرزين، وآخر من علماء الكيميـاء المرموقين، عما إذا كانت ذرة الهليـوم الواحـدة تعتبر جزيئا أم لا. سيجيـب كل منهما دون تردد، ولكن لن تكون إجابتيهما واحدة ومتطابقة. ففي نظـر عالم الكيمياء تعتبر ذرة الهليوم جزيئا لأنها تسلك سلوك الجزىء بالنسبة للنظرية الحركيـة للغازات. أما عالم الفيزياء فيرى أن ذرة الهليوم ليست جزيئـا لأنها لم تكشف عن طيف جزئي(٧). والأمر المسلـم به مقدما أن كلا العالمين كانا يتحدثان عن ذات الذرة، ولكن كلا منهما كان ينظر إليها من خلال تـدربه البحثى وممارسته الخاصة. إن خبرتيهما في حـل المسائل حددت لهما مـا يجب أن يكـون عليـه الجزيء. ولا ريـب في أن هنـاك قـاسما مشتركـا كبيرا بين خبرتيهما، ولكن الخبرتين لم تقـولا ذات الشيء، في هـذه الحالـة، للعـالمين المتخصصين. وسـوف يبين لنـا من خـلال دراستنـا التـاليـة إلى أي مـدى يمكن لاختـلافات من هـذا النوع في النماذج الإرشـادية أن تفضى أحيـانا إلى نتـائج خطيرة الشأن.

---

(٧) الباحث هـو جيمس ك. سنيور. وأنا مـدين له بتقرير شفـاهي. وقد عالج بعض القضـايا ذات الصلة في بحثه المعنون.

"The Vernacular of the Laboratory," Philosophy of Science, XXV (1958), 163-68.

الفصل السادس
الشذوذ وانبثاق الاكتشافات العلمية

العلم القياسي ، أي نشاط حل الألغـاز الذي فرغنا من دراسته توا ، هو مشـروع تراكمي بدرجة عالية ، ناجح بصورة رائعة في بلوغ هدفه وهو الاتساع المطرد في مدى ودقة المعارف العلمية . وهو في هذا كله يتسق بدقة كبيرة مع الصورة المألوفة لدينا تماما عن العمل العلمي . ولكن يعـوزه مع ذلك ناتج معيـاري للمشروع العلمي . فالعلم القياسي لا يهدف إلى الكشف عن ابداعات جديدة ، لا من حيث صلب النظرية ولا الوقائع ، وإذا حالفه النجاح في بحثه لا يكشف عن شيء من هذا . غير أن البحث العلمي غالبا ما يكشف عن ظواهر جديدة وغير مرتقبة ، كما أن العلماء يبدعون دائما نظريات جديدة جذريا . بل إن التاريخ يحدثنا عن أن المشروع العلمي قد استحدث أسلوبا تقنيـا فعالا وفريدا لإنتـاج مفاجآت من هذا الطـراز. وإذا أمكن التوفيق بين هـذه الخاصية وبين مـا أسلفنـا الحديث عنـه الآن ، سيبين لنا أن البحث على هـدى نموذج إرشادي لابد أن يكون أسلوبا فعالا على نحو متميز في سبيل الحث على تغيير النموذج الإرشـادي . وهذا هـو عين ما تفعلـه الإبداعـات الأساسيـة في مجال الواقع والنظرية : إنها حصـاد سهو، أو ثمار غير متعمدة خلال أداء اللعبـة وفق مجموعة من القواعد ، ويقتضي استيعابها صوغ مجموعة أخرى من القواعد . وبعد أن تصبح جزءا من العلم لا يكـون المشروع البتـة هـو نفســه مـرة أخـرى ، على الأقل فيما يتعلق بالأخصائيين الذين تدخل تلك الإبداعات في مجال تخصصهم .

ويتعين عليـا أن نسأل الآن كيف تحدث التغيرات التـي من هـذا النـوع ، على أن نتدبر أولا الاكتشافات أو التجديـدات في الوقائع ، ثم الابتكارات أو التجديدات في

النظرية. بيد أن هذا التمييز بين الاكتشاف وبين الابتكار، أو بين الواقع والنظرية، سيثبت فورا أنه تمييز مصطنع إلى أقصى حد. وبيان أنه مصطنع مفتاح هام لفهم العديد من القضايا الرئيسية التي تطرحها دراستنا هذه. إذ ما أن نبدأ خلال هذا الفصل في تفحص عدد من الاكتشافات المختارة حتى ندرك سريعا أنها ليست أحداثا منعزلة بل إنها سلسلة ممتدة متعددة الحلقات ذات بنية متواترة الوقوع بانتظام يبدأ الاكتشاف مع إدراك الشذوذ أو الخروج عن القياس، أي مع وجود انطباع بأن الطبيعة قد ناقضت بصورة أو بأخرى التوقعات المرتقبة في إطار النموذج الإرشادي الذي ينظم العلم القياسي. تتبع هذا محاولة قد تطول أو تقصر لاستكشاف نطاق الشذوذ. ولا تتوقف إلا حينما تتم ملاءمة نظرية النموذج الإرشادي بحيث تصبح الظاهرة الشاذة ظاهرة متوقعة. وإن استيعاب نوع جديد من الوقائع يستلزم ما هو أكثر من تكملة أو ملاءمة إضافية تضاف إلى النظرية، وإلى أن يتم استكمال تلك الملاءمة ــ أي إلى أن يكتشف رجل العلم كيف يرى الطبيعة على نحو مغاير ـ تظل الواقعة الجديدة واقعة غير علمية البتة.

وحتى نتبين مدى التداخل الوثيق بين الجدة النظرية والوقائعية في الاكتشاف العلمي، سوف ندقق النظر معا في مثال شهير متميز وهو اكتشاف الأكسجين. هناك على الأقل ثلاثة رجال لهم حق مشروع في ادعاء اكتشافه، علاوة على عديد غيرهم من الكيميائيين الذين صنعوا بالضرورة مع مطلع السبعينات من القرن الثامن عشر داخل أنبوبة من أنابيب المعمل ما أخصب الهواء بالأكسجين دون أن يفطنوا إلى ذلك[١]. ففي مجال كيمياء الغازات نجد أن التقدم الذي أحرزه العلم القياسي، ونعني به في هذه الحالة كيمياء الهوائيات المضغوطة، مهد السبيل لانطلاقة باهرة

(١) عن الحوار بشأن اكتشاف الاكسجين، وهو حوار لا يزال له طابعه الكلاسيكي انظر: A. N. Meldrum, The Eighteenth-Century Revolution in Science — The First phase (Calcutta, 1930), chap. v.

وهناك عرض لاغنى عنه صدر مؤخرا ويتضمن تفسيرا لأسبقية الجدل، في كتاب Maurice Daumas, Lavoisier, théoricien et expérimentateur (Paris, 1955), chaps. ii-iii.

وللاطلاع على عرض أكثر تفصيلا مع ببيليوجرافيا، أنظر: T. S. Kuhn, "The Historical Structure of Scientific Discovery," Science, CXXXVI (June 1, 1962), 760-64.

وشاملة تماما. وأول من له حق الادعاء بأنه قام بتحضير عينة نقية نسبيا من الغاز «الأكسجين» هو الصيدلي السويدي ك.و. سكيل C.W.Scheele غير أن بالإمكان إغفال جهده في هذا الشأن نظرا لأنه لم يصدر إلا بعد الإعلان عن اكتشاف الأكسجين مرارا في أماكن أخرى. ومن ثم لم يكن له تأثير على المسار التاريخي للأحداث وهو أهم ما يعنينا هنا الآن [(٢)]. وثاني أصحاب الحق في الادعاء خلال هذه الفترة الزمنية هو العالم ورجل الدين البريطاني جوزيف بريستلي الذي جمع الغاز المنطلق بفعل تسخين أكسيد الزئبق الأحمر باعتباره بندا ضمن سلسلة بحوث عادية طويلة لدراسة الغازات أو الهوائيات المنبثعة بفعل عدد كبير من المواد الصلبة. وحدد في عام ١٧٧٤ الغاز الناتج عن ذلك بأنه أكسيد النتروز ثم وصفه في عام ١٧٧٥ بعد مزيد من التجارب بأنه هواء عادي يحتوي على كمية أقل من المعتاد من الفلوجستون. والمدعي الثالث هو لا فوازييه الذي بدأ عمله الذي قاده إلى اكتشاف الأكسجين بعد تجارب بريستلي في عام ١٧٧٤، وربما بناء على إشارة خفية أو إيحاء من جانب العالم الإنجليزي بريستلي. فقد كتب لافوازييه في مطلع عام ١٧٧٥ أن الغاز الناتج عن تسخين أكسيد الزئبق الأحمر هو «الهواء ذاته دون أي تغيير (فيما عدا).... أنه ينبعث أكثر نقاء وأكثر صلاحية للتنفس[(٣)] ومع بداية عام ١٧٧٧ وربما بفضل إلماحة ثانية من بريستلي، خلص لافوازييه إلى أن الغاز نوع متميز، وأحد العنصرين الرئيسيين في الغلاف الغازي، وهي نتيجة أبى بريستلي الموافقة عليها ولم يستطع قبولها.

هذا النمط من الاكتشاف يثير سؤالا يمكن طرحه بشأن كل ظاهرة جديدة دخلت مجال وعي العلماء. هل هو بريستلي أم لافوازييه، أم لا هذا ولا ذاك، هو أول من اكتشف الأكسجين؟ وفي جميع الأحوال متى اكتشف الأكسجين؟ وحسب هذه

(٢) انظر مع ذلك تقييما آخر لدور سكيل في Uno Bocklund, "A Lost Letter from Scheele to Lavoisier," Lychnos, 1957-58, pp. 39-62.

(٣) J. B. Conant, The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789 ("Harvard Case Histories in Experiemental Sciences," Case 2; Cambridge, Mass., 1950), p. 23.

هذا الكتيب ذاته، وهو كتيب جم الفائدة، يعيد طبع العديد من الوثائق الوثيقة الصلة بالموضوع.

الصيغة الثانية فإن السؤال يمكن أن نسأله حتى لو أن هناك واحد فقط ادعى بذلك؟ فليس هدفنا هنا أبدا الاهتداء إلى إجابة تصلح قاعدة عامة عند الرد على الأسئلة المتعلقة بالأسبقية والتاريخ. غير أننا حين نحاول جاهدين الوصول إلى هذه الإجابة فذلك لأن من شأنها أن توضح لنا طبيعة الاكتشاف، وبالأحرى لأنه لا توجد إجابة عن النوع الذي نلتمسه. فإن الاكتشاف ليس هو نوع العملية التي يلتمس السؤال إجابة عليه. والواقعة التي ينصب عليها السؤال بشأنها - إذ أن مسألة أسبقية الأكسجين كانت موضوع جدال متواتر منذ ١٧٨٠ - هي عَرَضٌ أو ظاهرة لوجود خلل في صورة العلم من شأنه أن يضفي على الاكتشاف دورا أساسيا للغاية. ولنحاول أن ندقق النظر ثانية في مثالنا.

إن زعم بريستلي بأنه مكتشف الأكسجين قائم على أساس أنه الأسبق في عزل غاز تم الاعتراف فيها بعد بأنه عنصر متميز. بيد أن عينة بريستلي لم تكن نقية تماما، وإذا كان القول بأن الحصول على أكسجين غير نقي بين يدي الباحث يعني اكتشافه، فإن هذا قد حدث مع كل من عبأ في زجاجة هواء من الغلاف الغازي. ومع هذا، فلو أن بريستلي هو المكتشف يبقى السؤال متى وقع الاكتشاف؟ لقد ظن في عام ١٧٧٤ أنه حصل على أكسيد النتروز، وهو نوع يعرفه من قبل. وفي عام ١٧٧٥ رأى الغاز على أنه غاز خال من الفلوجستون، أي تم تخليصه من الفلوجستون ولكنه لايزال شيئا آخر غير الأكسجين أو أنه في نظر الكيميائيين المؤمنين بعنصر الفلوجستون نوع آخر من الغاز غير المتوقع تماما. ولكن ربما كانت دعوى لافوازييه أقوى حجة، إلا أنها تثير ذات المشكلات. فلو أننا حرمنا بريستلي من هذا الفوز فإننا لا نستطيع أن ننسبه إلى لافوازييه بفضل جهوده خلال عام ١٧٧٥ الذي قاده إلى تحديد الغاز بأنه «الهواء ذاته نقيا». ولعل الأوفق أن ننتظر جهود لافوازييه خلال عامي ١٧٧٦ و١٧٧٧ التي انتهى منها لا إلى أن يرى الغاز فحسب بل وأن يكشف عن ماهية الغاز كذلك. ولكن مع هذا كله فإن نسبة ذلك النصر اليه لايزال عرضة للشك والريبة نظرا لأن لافوازييه ظل منذ عام عام ١٩٧٧ وإلى أن وافته المنية يصر على أن الأكسجين «مبدأ حموضة» ذري، atomic principle of acidity وأن

غـاز الأكسجين إنما تكَّون فقط عنـدمـا اتحد ذلك «المبدأ» مع السيـال الحراري، أي مادة السخونة [٤] . فهل لنا إزاء ذلك أن نقول إن الأكسجين لم يكن قد اكتشف بعد في عام ١٧٧٧؟ قد يستهوي البعض هذا الرأي ويـأخذون به. ولكن مبدأ الحموضة لم ينتف من الكيمياء إلا بعد عام ١٨١٠، وظلـت فكرة السيال الحراري متعثرة حتى انتفت في ستينات القرن التاسع عشر. وقد أصبح الأكسجين جوهرا كيميائيا معياريا قبل أي من هذين التاريخين.

واضح أننـا بحاجة إلى معجـم ومفاهيم جديـدة لتحليل أحداث مثـل اكتشاف الأكسجين. إذ على الـرغم من أن جملـة «تم اكتشـاف الأكسجين» صحيحـة دون ريب، إلا أنها تضللنا من حيث أنها تفيد أن اكتشاف شيء ما هو عمل واحد بسيط يشبه مفهومنـا العادي (والمثير للتساؤل والشك أيضا) عن الرؤيـة. وهذا هو السبب في أننا نفترض، عن طيب خاطر، أن الاكتشاف شأنه شأن الرؤية أو اللمس، ينبغي أن نعزوه بوضوح ودون موارية إلى فرد بـذاته وإلى لحظة زمنية محددة. بيد أن نسبته إلى لحظة زمنيـة بذاتها أمـر مستحيل، وكذلك الحال فيما يتعلق بنسبتـه إلى شخص ما. فإذا أغفلنا سكيل، يمكن أن نطمئن إلى قولنا إن الأكسجين لم يكتشف قبل ١٧٧٤ وربما جاز لنا أن نقول كذلك إنـه اكتشف في آخر عام ١٧٧٧ أو بعده بقليل. ولكن في إطار تلك الحدود، أو أي حدود أخرى مشابهة، فإن أي محاولة لتاريخ الاكتشاف لابد أن تكـون بالقطـع عملا تعسفيا ذلـك لأن اكتشاف ظـاهرة من نـوع جديـد هو بالضرورة حدث مركب يشتمل على التسليم بكل من وجود الشيء وماهية الشيء في آن واحد. ولنلاحظ على سبيل المثال أن الأكسجين لو كان بالنسبة لنا هواء خاليا من الفلوجستون فإننا سوف نصر دون تردد على أن بريستلي هو الذي اكتشفه، حتى وإن كنا لانزال نجهل بـالدقة متى. ولكن إذا كان وجها المشكلـة، وهما كل من المشاهدة والصيـاغة الـذهنية، أو الـواقع واستيعاب هـذا الواقع في نظـرية، عملين مـرتبطين ببعضهما ولا انفصـال بينهما في الاكتشاف، إذن فإن الاكتشـاف عملية، لابـد لها أن تتم في زمان ما. ومن ثم فإنه بعد أن تتوفر مقدما جميع المقولات الذهنية ذات الصلة،

(٤) H. Metzger, La philosophie de la matière chez Lavoisier (Paris, 1935); and Daumas, op. cit., chap. vii.

حيث لم تعد الظاهرة في هذه الحالة نوعا جديدا، هنا فقط يمكن أن يتم اكتشاف ذلك الشيء (أي وجود الظاهرة) واكتشاف ما هو الشيء (أي طبيعة الظاهرة) في سهولة ويسر، كلاهما معا وفي لحظة واحدة.

لنسلم جدلا الآن أن الاكتشاف يشتمل على عملية للاستيعاب المفاهيمي، وأنها عملية بطبيعتها ممتدة في الزمان، وإن لم تكن لمدة طويلة بالضرورة. هل يمكن لنا أن نقول أيضا إنها تشتمل على تحول في النموذج الإرشادي؟ لا يمكن أن نقدم إجابة عامة على هذا السؤال الآن، ولكن يتعين، في هذه الحالة على الأقل، أن نجيب بنعم. إن ما أعلنه لافوازييه في أوراقه منذ عام ١٧٧٧ فصاعدا لم يكن اكتشاف الأكسجين بقدر ما هو نظرية الاحتراق بفعل الأكسجين. ولقد كانت هذه النظرية هي حجر الزاوية لإعادة صياغة الكيمياء صياغة جديدة واسعة النطاق بحيث أنها توصف عادة بالثورة الكيميائية.

حقا لو لم يكن اكتشاف الأكسجين جزءا وثيق الصلة بانبثاق نموذج إرشادي جديد للكيمياء، لما كان لسؤالنا عن الأسبقية، والذي بدأنا به، هذه الأهمية الكبيرة ففي مثل هذه الحالة، كما في غيرها، تتغير القيمة التي نسبغها على إحدى الظواهر الجديدة ومن ثم على مكتشفها مع تغير تقييمنا للمدى الذي وصلت إليه الظاهرة في خرق التقديرات المتوقعة سلفا في إطار النموذج الإرشادي. ولكن لنلاحظ، مع ذلك، نظرا لأهمية هذا الأمر، وهي أهمية ستتضح لنا فيما بعد، أن اكتشاف الأكسجين لم يكن في ذاته علة التغير في النظرية الكيميائية. إذ قبل أن يقوم لافوازييه بأي دور في اكتشاف الغاز الجديد بزمن طويل، كان هو مقتنعا بأن ثمة خطأ ما في نظرية الفلوجستون، وبأن الأجسام تمتص قدرا ما من الغلاف الغازي المحيط بها عند الاحتراق. وقد سجل هذا كله بإسهاب في مذكرة سرية مختومة أودعها لدى أمين الأكاديمية الفرنسية في عام ١٧٧٢ (٥). وما حققه العمل بشأن الأكسجين هو أنه أعطى بنية وصورة إضافيتين لإحساس لافوازييه الباكر بأن ثمة خطأ ما. لقد أفاده

(٥) الرواية الموثوق بها أكثر من سواها عن علة ومنشأ شعور عدم الرضى عند لافوازييه في كتاب:
Henry Guerlac, Lavoisier — the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772 (Ithaca, N. Y., 1961).

بشيء كـان هـو مهيأ لاكتشافـه بـالفعل طبيعـة الجوهـر الذي ينتـزعـه الاحتراق من الغلاف الغازي المحيط به. وهذا الإدراك المسبق للصعاب لابـد أنه يمثل جانبا هاما من الأسباب التي حدت بـلافوازييه إلى أن يرى غـازا في التجارب، التي تشبه تجارب بريستلي، بينما عجز بريستلي عن أن يـرى ذلك الغاز بنفسه. بل على العكس، فإن الحاجة إلى مـراجعة أساسية للنمـوذج الإرشادي حتى يتسنى رؤية ما رآه لافـوازييه، لابد أنها كانت هى السبب الأساسي في أن بريستلي ظل حتى وافته المنية، عاجزا عن أن يرى ما رآه لافوازييه.

ثمة مثـالان آخران أكثر إيجازا سوف يعـززان كثيرا هذه النتائج، وينقـلاننا في آن واحد من توضيح طبيعة الاكتشافات إلى فهم الظروف التي تنبثق في ظلها اكتشافات العلم. ولقد اخترنا هذين المثالين في محاولة للدلالة على السبل الرئيسية التي يمكن أن تأتي من خلالها الاكتشافات، وراعينا أن يكونا مختلفين عن بعضهما، ومختلفين أيضا عن موضـوع اكتشاف الأكسجين. يتعلق أولهما بالأشعة السينية أو أشعـة إكس وهو يعد حالة كلاسيكية للاكتشاف عن طـريق الصدفة، وهو نمط يتكرر على نحو أكثر مما يبين لنا من خلال التقارير الصـادرة عادة من الأوساط العلمية. وتبدأ القصة مع اليـوم الذي تـوقف فيه عـالم الفيزيـاء رونتجن عن مواصلـة بحث عادي يجريـه عن الأشعة المهبطية بعد أن لحظ أن ستارة بلاتينو سيانيد الباريوم التي تبعد مسافة ما عن جهازه المدرع قد توهجت لحظة إفراغ الشحنة. وأجرى مزيدا من الأبحاث استغرقت سبعـة أسـابيع من العمل المحموم لم يكـن رونتجن يغادر خـلالها المعمل إلا نـادرا. وأشـارت هذه الأبحـاث إلى أن علة التـوهج تصدر في خطـوط مستقيمة عن أنبـوب الأشعة المهبطية، وأن الإشعـاع يلقى ظلالا لا يمكن حرفها بفعل المغنـاطيس فضلا عن أمور أخرى كثيرة. وقبل أن يعلن رونتجن النبأ أقنع نفسه بأن النتيجة الماثلة أمامه ليس سببها الأشعة المهبطية، بل سببها عـامل آخر يشبه على الأقل الضوء من بعض الوجوه(٦).

ونلاحظ هنـا، على الرغم من الإيجاز الشديـد في عرض هذه الخلاصـة، أن ثمة

(٦) L. W. Taylor, Physics, The Pioneer Science (Boston, 1941), pp. 790-94; and T. W. Chalmers, Historie Researches (London, 1949), pp. 218-19.

أوجه شبه مثيرة بينها وبين مثال اكتشاف الأكسجين. فقبل أن يجري لافوازييه تجاربه على أكسيد الزئبق الأحمر أجرى تجارب أخرى لم تحقق النتائج المتوقعة منها سلفا بموجب النموذج الإرشادي لعنصر الفلوجستون. كذلك بدأ اكتشاف رونتجن عندما أدرك أن الساتر المستخدم في تجاربه قد توهج في وقت لم يكن ذلك متوقعا منه.

وفي كلتا الحالتين كان إدراك الشذوذ - أي إدراك ظاهرة لم يكن الباحث مهيأ لها بمقتضى النموذج الإرشادي المعمول به - له دور هام في تمهيد الطريق لإدراك الجديد. ولكن، وفي كلتا الحالتين أيضا، كان الظن بأن شيئا ما وقع عن طريق الخطأ هو فقط المقدمة على طريق الاكتشاف. إذ لم يظهر الأكسجين ولا الأشعة السينية إلا بعد مزيد من التجارب والاستيعاب. ولكن عند أي نقطة في بحوث رونتجن ينبغي، على سبيل المثال، أن نقول هنا تم اكتشاف الأشعة السينية فعلا؟ لن يكون ذلك على أية حال في اللحظة الأولى التي كان كل ما شاهده وقتها هو توهج الساتر. ولابد أن باحثا آخر على الأقل سبق له أن رأى هذا التوهج ولكنه لسوء حظه، الذي تبينه فيما بعد، لم يكتشف شيئا على الإطلاق [٧]. كذلك، وبنفس القدر من الوضوح، لم يكن بالإمكان إرجاء لحظة الاكتشاف إلى الأسبوع الأخير من البحث حيث النقطة التي كان رونتجن يستكشف عندها خصائص الإشعاع الجديد الذي اكتشفه قبل ذلك. إن كل ما يمكن أن نقوله هو أن الأشعة السينية ظهرت في بلدة فورزبرج فيما بين ٨ نوفمبر / تشرين الثاني و٢٨ ديسمبر/ كانون الأول من عام ١٨٩٥.

ولكننا في مجال ثالث سنجد أن أوجه التماثل الهامة أقل وضوحا مما هي عليه بين اكتشاف الأكسجين واكتشاف الأشعة السينية. فإن اكتشاف الأشعة السينية، على خلاف اكتشاف الأكسجين، ظل ولمدة عقد من الزمان على الأقل منذ تاريخ

---

(٧) E. T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity I (2nd ed.; London, 1951), 358 n. 1

وقد أبلغني سير جورج طومسون عن خطأ ثان وقع في وقت قريب من ذلك. إذ أن وليم كروكس أزعجته رؤية لوحات التصوير الفوتوغرافي وقد تضببت على غير ما هو متوقع، وكان هو الآخر على بداية الطريق إلى الاكتشاف.

الحدث دون أن يدخل ضمن أي تطور انقلابي في النظرية العلمية. إذن فبأي معنى من المعاني يمكن القول إن استيعاب ذلك الاكتشاف استلزم تغيرا في النموذج الإرشادي؟ إن الحجة التي تنكر مثل هذا التغير ستكون حجة قوية. فالشيء المؤكد أن النماذج الإرشادية التي يعمل بمقتضاها رونتجن ومعاصروه لم يكن بالإمكان استخدامها للتنبؤ بالأشعة السينية. (إذ لم تكن نظرية ماكسويل الكهرومغناطيسية مقبولة من الجميع في كل مكان، ولم تكن نظرية الدقائق للأشعة المهبطية سوى صورة واحدة من بين فروض عديدة متداولة). ولم يكن أي من هذه النماذج الإرشادية يمنع، على الأقل بصورة سافرة، وجود الأشعة السينية على نحو ما كانت نظرية الفلوجستون تمنع التفسير الذي قدمه لافوازييه للغاز الذي شاهده بريستلي. بل الأمر على العكس من ذلك، إذ أن النظرية العلمية والتطبيق العلمي المسلم بهما في عام ١٨٩٥ كانا يجيزان القول بوجود عدد من أشكال الإشعاع ــ الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية. لماذا إذن لم يكن بالإمكان قبول الأشعة السينية كشكل آخر جديد لفئة معروفة من الظواهر الطبيعية؟ لماذا لم يتقبلها الباحثون، على سبيل المثال، بنفس الطريقة التي يتلقون بها اكتشاف عنصر كيميائي إضافي؟ اذ كان لايزال البحث جاريا في أيام رونتجن عن عناصر جديدة لملء الفراغات في الجدول الدوري للعناصر واهتدى الباحثون إلى بعضها آنذاك. لقد كان البحث الدؤوب عنها مشروعا معياريا للعلم القياسي، كما كان النجاح في هذا المسعى فرصة لتلقي التهنئة فحسب وليس للتعبير عن الدهشة والمفاجأة.

ومع هذا صادفت الأشعة السينية استقبالا حماسياً لم يكن ممزوجاً بالدهشة فحسب بل وبالصدمة أيضاً. فقد وصفها لورد كلفن أول الأمر بأنها خدعة محكمة [٨]. وأصاب الذهول آخرين وإن عجزوا عن الشك في الشواهد والدليل. إذ على الرغم من أن الأشعة السينية لا تحظرها النظرية المعتمدة، إلا أنها ناقضت بشدة التوقعات الراسخة. أعتقد أن تلك التوقعات كانت واردة ضمن تفسير وتصور الإجراءات المعملية السائدة آنذاك. ففي العقد الأخير من القرن

(٨) Silvanus P. Thompson, The Live of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs (London, 1910), II, 1125.

التاسع عشر كانت أجهزة الأشعة المهبطية منتشرة في عديد من معامل أوربا. ومن ثم فإذا كان جهاز رونتجن قد انبعثت منه أشعة سينية، فلابد وأن عدداً آخر من الباحثين عاينوا خلال تجاربهم صدور تلك الأشعة من أجهزتهم دون أن يعرفوها. ومن المحتمل أن تلك الأشعة، التي ربما صدرت عن مصادر أخرى غير معروفة لنا أيضاً، كان لها نتائج تم تفسيرها في مرحلة سابقة دون الإشارة إليها. إذ لزم على أقل تقدير بعد ذلك تغطية أنواع عديدة من الأجهزة المألوفة بمادة الرصاص. وبات ضروريا إعادة أعمال سبق إنجازها تتعلق بمشروعات ضمن نطاق العلم القياسي نظرا لظهور متغير هام لم يكن معروفا للعلماء ولا خاضعا لسيطرتهم. والشيء المؤكد أن الأشعة السينية فتحت مجالاً جديدا، وكانت بذلك إضافة للميدان المحتمل للعلم القياسي. ولكنها أيضا، وهذه هي النقطة الأهم الآن، أدت إلى تعديلات في مجالات التخصص الموجودة قبلا. وخلال مسار هذه العملية أنكرت الأشعة السينية على أنماط الأجهزة التي كانت سابقا أجهزة متسقة مع النموذج الإرشادي حقها في حمل هذه الصفة.

وصفوة القول، إن قرار استخدام جهاز بذاته واستخدامه بطريقة محددة، إنما يحمل في طياته، عن وعي أو عن غير وعي، افتراضا بأن أنواعا معينة فقط من الوقائع سوف تظهر. فثمة توقعات على مستوى الأدوات والنظرية معاً أدت جميعها في الغالب دوراً حاسما في التطور العلمي. وأحد هذه التوقعات على سبيل المثال، جزء من قصة الاكتشاف المتأخر للأكسجين. لقد استخدم كل من بريستلي ولافوازييه اختبارا معياريا لقياس «جودة الهواء»، إذ مزجا حجمين من الغاز المستخدم لديهما مع حجم من أكسيد النتريك، وقاما برج المزيج فوق الماء ثم قاسا حجم الغاز المتبقي. وسبق أن أكدت لهما خبرتاهما الناجمتان عن هذا الإجراء المعياري أن فضالة الهواء من الغلاف الغازي تظل ثابتة الحجم، أما فضالة أي غاز آخر (أو هواء ملوث) فتكون أكبر، ووجد الاثنان في تجارب الأكسجين فضالة قريبة جدا من نفس الحجم الثابت وحددا نوع الغاز على أساس ذلك. ولكن حدث فقط بعد ذلك بزمن طويل ولأسباب بعضها عرضي أن رفض بريستلي الإجراء المعياري، وحاول

مزج أكسيد النتريك بالغاز الذي يستعمله وبنسب مغايرة. ووجد أنه حين يستخدم أربعة أضعـاف حجم أكسيد النتريـك فإنه لا تتبقى أي فضـالة تقـريبا. ولقـد كان التزامـه بالإجـراء الاختباري الأول ـ وهـو إجراء دعمته خبرات سـابقة وفيرة ـــ هو في ذات الوقت التزام بعدم وجود غازات تسلك سلوك الأكسجين[٩].

وبالإمكـان أن نحكي أمثلة كثيرة توضيحية من هـذا النوع، كأن نشير على سبيل المثال إلى التعرف على انشطار اليورانيوم في فترة متأخرة. إن أحد الأسباب التي دللت على أن التعرف على هذا التفاعل النووي كان عسيراً بوجه خاص هو أن الرجال الذين لديهم معـرفة بما يتوقعونـه عند قصف اليورانيـوم اختاروا تجارب لتفاعلات كيميـائية استهدفت أساساً عناصر من الطرف الأعلى من الجدول الدوري[١٠]. ولكن إزاء ما أكـده تكرار الالتـزامات الأداتيـة من أنها مضللة هل لنـا أن نخلص من ذلك إلى أن العلم حري به أن يتخلى عن التجارب المعيارية والأدوات القياسية؟ قد يتمخض هذا عن منهج بحث غير ممكن التصـور. إن إجـراءات وتطبيقـات النمـوذج الإرشـادي

---

(٩) كونانت Conant ـ نفس المرجع ص ١٨ ـ ٢٠.

(١٠) ك. ك. دارو «الانشطـار النـووي» K. K. Darrow, "Nuclear Fission," Bell System Technical Journal XIX (1940), 267-89 Krypton,

يبدو أن غاز الكريبتـون، وهو أحد المشتقين الأساسيين للانشطار، لم يتم التعرف عليـه بالوسائل الكيميائية إلا بعد أن تيسر فهم التفاعل فهما جيدا، أما عنصر الباريوم، وهو المشتق الثاني، فقد تم التعرف عليـه تقريبا كيميائيـا في مرحلة متأخرة من البحث نظـرا، كما تبين فيما بعد، لضرورة إضافـة هذا العنصر إلى المحلـول المشع لترسيب العنصر الثقيل الذي يبحث عنـه علماء الكيمياء النوويـة. ولكن الفشل في فصل هذا الباريوم المضـاف عن الناتج المشع أدى في النهايـة، وبعد إجراء بحوث متكررة على التفاعل لمدة خمسة أعوام تقريبـا، إلى التقرير التالي: «إننا نرى باعتبارنا كيميـائيين إن هـذا البحث سـوف يقـودنـا إلى تغيير جميع الأسماء الـواردة في مخطط (التفـاعل) السابق، وبـذلك نكتب، با، لن، سر بـدلا من را، كت، تو. بيـد أننا كعلماء متخصصين في الكيمياء النوويـة ولنا روابط وثيقة بالفيـزياء، لن نستطيع أن نروض أنفسنا على هـذه القفزة التي قد تتناقض مع كل خبراتنا السـابقة في الفيزياء النووية. إذ ربما أن سلسلـة من الأحداث الغريبة العارضة أفضت بنا إلى نتائج خادعة.

(Otto Han and Fritz Strassman, "Uber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehended Erdalkalimetalle," Die Naturwissenschaften, XXVII [1939], 15).

ضرورية للعلم ضرورة قوانين ونظريـات النموذج الإرشادي، ولها نفس النتائج. إنها تفيـد حتما المجال الظـواهـري المتاح للبحث العلمي في أي زمن معين. وإذا سلمنـا بـذلك أمكن لنا أن نـرى في آن واحد دلالـة جـوهريـة توضح لماذا اقتضى اكتشـاف الأشعة السينيـة ضرورة تغيير النموذج الإرشادي ــ ومن ثم إحداث تغيير في كل من الإجراءات والتوقعـات ـ بالنسبة لقطاع خـاص من المجتمع العلمي. ونتيجة لذلك يمكن لنا أن نفهم أيضا كيف أن اكتشاف الأشعة السينيـة بدا وكأنه فتح عالما جديدا غريبا أمام علماء كثيرين، بحيث ساهم بصورة مـؤثرة للغاية في الأزمة التي قادت إلى فيزياء القرن العشرين.

مثـالنا الأخير عـن الاكتشاف العلمي خـاص بـوعاء ليـدن لتكثيف الشحنـات الكهربـائية الساكنـة. ويندرج هذا المثـال ضمن فئة من الأمثلـة التي يمكن وصفها بأنها ثمرة إحـدى النظريات. وقد يبـدو المصطلح في ظاهره أول الأمر وكأنـه ينطوي على مفارقـة. فإن القسط الأكبر من حديثنا حتى الآن يفيد بأن الاكتشـافات تنبأت بها النظرية مقدما، وتشكل جزءا من العلم القياسي، ولا تتمخض عن أي وقائع من نوع جديد. وسبق أن أشرت على سبيل المثال إلى اكتشافـات خاصة بعناصر كيميائية جديدة على مـدى النصف الثاني من القرن التاسـع عشر باعتبارها بادئة انطـلاقا من العلم القياسي على هذا النحـو. ولكن ليست النظريات جميعها نظريـات قائمة على نموذج إرشادي. ذلـك أن العلماء عادة، سواء خلال الفترات السـابقة على النموذج الإرشـادي أو خـلال الأزمـات التـي تفضي إلى تحولات واسعـة النطـاق في النمـوذج الإرشادي إنما يستحدثون عادة نظريات تأملية وغير محددة الصياغة يمكن أن تهديهم إلى طريق الاكتشاف. ولكن غـالبا ما لا يكون ذلك الاكتشـاف هو عين الاكتشاف المتـوقع سلفـا على أساس الافتراضـات التأمليـة المؤقتة وغير المؤكـدة بعـد. ذلك أن الاكتشاف لا يظهر والنظرية لا تصبح نموذجا إرشـاديا إلا حين تتم صياغة التجربة والنظرية على نحو يؤكد علاقة ترابط وثيقة بينهما.

إن اكتشاف وعاء ليدن يفصح عن كل هذه القسمات وكـذا عن غيرها مما عرضنا له قبل ذلك. وعنـدما بـدأ الاكتشاف لم يكن ثمة نمـوذج إرشادي وحيـد للبحوث

الكهربائية. بل كان هناك بدلا عن ذلك عـدد من النظريات مشتقة كلها من ظواهر يمكن الوصـول إليها بسهـولة نسبيا، وكـانت هذه النظـريات في تنـافس بعضها مع بعض. ولم تنجح أي منهـا في التحكم في جملة الظـواهـر الكهربـائيـة المتباينـة تحكماً جيـداً. وكان هـذا الفشل مصدراً للعـديد من حـالات الشذوذ التي تشكل خلفيـة لاكتشاف وعاء ليدن. فقد ذهبت إحدى المدارس المتنافسة التي تمثل «الكهربائيين» إلى أن الكهربـاء سيال. وقـاد هذا التصـور عدداً من البـاحثين إلى محاولة تعبئـة هذا السيال في زجاجات عـن طريق الإمساك بقنينة زجاجية مملوءة مـاء بين يدي الباحث ثم ملامسـة الماء بموصل معلق يتصل بمـولد نشط للشحنـات الكهربـائية السـاكنة (الاستاتيكية). وعنـدما يفصل الباحثون الوعـاء عن الآلة ويلمس أحدهم الماء (أو يلمس مـوصلا متصـلا به) بيـده الطليقة من أي عـازل، يشعر بصـدمة كهـربائيـة شديدة. غير أن تلك التجارب الأولى لم تهيء للكهربائيين إمكان الحصول على وعاء ليدن للشحنات الكهربـائية. فإن هذا الجهاز ظهر تدريجيـا وببطء. ونعود لنقول إن من المحال تحديـد متى استكمل اكتشافـه. إن المحاولات البـدائية لتخـزين السيال الكهربي أثمـرت فقط لأن الباحثين أمسكوا القنينة بأيـديهم وهم وقوف على الأرض. وكان لايزال على الكهربائيين أن يتعلموا أن الوعاء بحاجة إلى غلاف خارجي وداخلي جيد التوصيل، وأن السيـال ليس مختزنا حقيقة داخل الوعاء أبـدا. وحدث في لحظة ما، وعلى مدى البحوث الجارية التي أوضحت للكهربائيين ذلك، وكشفت لهم عن عديد من النتـائج الشاذة الأخرى، أن ظهر الجهاز الذي نسميـه وعاء ليدن. علاوة على هذا فإن التجارب التـي أفضت إلى ظهوره، والتي قام بأكثرهـا فرانكلين، كانت أيضا التجارب التي اقتضت بـالضرورة مراجعة جذرية شاملة لنظـرية السيال، ومن ثم هيأت أول نموذج إرشادي كامل عن الكهرباء(١١).

---

(١١) عن المراحل المختلفة لتطور وعـاء ليدن انظر: I. B. Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia, 1956), pp. 385-86, 400-406, 452-67, 506-7.

وقد وصف ويتاكر Whittaker المرحلة الأخيرة في مرجعه سالف الذكر ص ٥٠ ـ ٥٢.

ويمكن القول بدرجة كبيرة أو صغيرة (حسب تسلسل الأحداث ابتداء من الشعور بالصدمة وحتى الوصول إلى النتيجة المتوقعة سلفا) إن الخصائص المشتركة بين الأمثلة الثلاثة الواردة آنفا هي خصائص جميع الاكتشافات التي تنبثق عنها أنواع جديدة من الظواهر. وتشتمل هذه الخصائص على: الإدراك المسبق للشذوذ، والظهور التدريجي والآني لكل من الإدراك القائم على المشاهدة الحسية والمفاهيم الذهنية، ثم أخيراً ما يترتب على ذلك من تحول حتمي في مجالات وإجراءات النموذج الإرشادي وهو ما يقترن عادة بمقاومة له. وثمة بينة على أن هذه الخصائص ذاتها هي جزء من طبيعة العملية الإدراكية نفسها. وجدير بنا الإشارة هنا إلى بعض التجارب النفسية التي تستحق أن نعيها على نحو أفضل بعيدا عن حقل المهنة، وهي التجارب التي سأل فيها كل من برونر وبوستمان المفحوصين بأن يتعرفوا على عدد من أوراق اللعب المختلفة بعد عرضها عليهم لفترة وجيزة وطبقا لضوابط محددة. وكانت أكثر أوراق اللعب عادية، ولكن أدخل على بعضها تعديل لتبدو شاذة، مثال ذلك ورقة برقم ستة بستوني أحمر وأخرى أربعة ديناري سوداء اللون. وكانت كل سلسلة من التجارب عبارة عن عرض ورقة لعب واحدة على مفحوص واحد ضمن حلقات متعاقبة من العروض التي تطول فيها فترات العرض تدريجيا. وبعد انتهاء كل عملية عرض يسأل الباحث المفحوص عما رآه، وتنتهي السلسلة عند تحديد رقمين متتابعين تحديدا صحيحا[١٢].

ولوحظ في عمليات العرض الأولى القصيرة جدا، إن المفحوصين تعرفوا على غالبية أوراق اللعب، ثم بعد إطالة فترة العرض وزيادتها زيادة ضئيلة تعرف جميع المفحوصين على كل أوراق اللعب. ولقد كان التعرف على أوراق اللعب العادية صحيحا عادة، غير أن أوراق اللعب الشاذة غالبا ما يتم تحديدها وكأنها أوراق عادية دون أي تردد ظاهر أو حيرة. إذ كانت ورقة الديناري الأربعة على سبيل المثال يتعرف عليها المفحوص قائلا إنها أربعة إما بستوني أو ديناري، لقد كان دون أي وعي من جانبه بوجود مشكلة يطابق على الفور بينها وبين إحدى التصنيفات الذهنية

(١٢) J. S. Bruner and Leo Postman, "On the Perception of Incongruity: A Paradigm," Journal of Personality, XVIII (1949), 206-23.

المعدة سلفا قبل التجربة. ولا يود المرء التمادي إلى حد الزعم بأن المفحوصين رأوا شيئا ما مختلفا عما حددوه. ولكن بعد زيادة الوقت الخاص بعرض الأوراق الشاذة بدأ المفحوصون فعلا في التردد وفي الكشف عن إدراكهم وجود شذوذ. فإذا حدث على سبيل المثال أن عرض الباحث عليهم ورقة الستة البسطوني الحمراء فإن بعضهم قد يقول: هذه ستة بسطوني ولكن بها خطأ ما ـ إن اللون الأسود له حواف حمراء. وأدى المزيد من وقت العرض إلى المزيد من التردد والخلط، حتى انتهى الأمر بأن استطاع أغلب المفحوصين في النهاية، وربما فجأة، الإدلاء بالتحديد الصحيح دون تردد. علاوة على هذا لوحظ بعد الانتهاء من عرض ورقتين أو ثلاث ورقات شاذة أن المفحوصين قد يجدون مزيدا من الصعوبة، ولكنها ضئيلة، مع الأوراق الأخرى. غير أن عددا قليلا من المفحوصين عجزوا كلية عن ملاءمة الفئات الخاصة بهم بصورة مرضية. إذ حتى بعد عرض الأوراق أربعين مرة زيادة على متوسط الوقت اللازم للتعرف على الأوراق السوية لوحظ أن أكثر من ١٠ بالمائة من الأوراق الشاذة لم يتم التعرف عليها بصورة صحيحة. ولوحظ أيضا أن المفحوصين الذين أخفقوا هنا عانوا في الغالب من مشاعر اكتئاب حادة. فقد صاح أحدهم قائلا: «أنا عاجز عن التعرف على أوراق اللعب أيا كان نوعها. إنها لا تبدو لي في صورة ورقة لعب. فأنا لا أدري ما لونها الآن، ولا ما إذا كانت بستوني أم ديناري. بل إنني بت لا أعرف الآن ماهو شكل البستوني. آه يا إلهي»(١٣). وسوف نرى في الفصل التالي، عندما تحين المناسبة، كيف أن بعض العلماء يسلكون نفس هذا المنوال.

إن هذه التجربة السيكولوجية سواء اتخذناها لقيمتها المجازية أو لأنها تعكس طبيعة عمل الذهن، إنما تزودنا بمخطط بسيط ومقنع بصورة مذهلة لعملية الاكتشاف العلمي. فالجدة في العلم، كما تفيد تجربة ورقة اللعب، لا تظهر إلا بصعوبة، تكشف عنها المقاومة، إزاء خلفية قوامها النتائج المتوقعة. ففي البداية لا ندرك بالخبرة إلا ماهو عادي ومقدر سلفا حتى ولو كانت ظروف المشاهدة هي ذات

(١٣) المرجع نفسه ــ ص ٢١٨ وقد قال لي زميلي بوستمان إنه على الرغم من أنه يعرف مسبقا كل ما يتعلق بالجهاز وعملية العرض، إلا أنه وجد أن إمعان النظر في أوراق اللعب المتضاربة كان عملا غير مريح بصورة قاسية.

الظروف التي نلحظ فيها وجود ظاهرة شاذة في فترة تالية متأخرة. بيد أن المزيد من المعرفة يفضي إلى إدراك أن ثمة خطأ ما، أو إلى أن نربط النتيجة بخطأ ما وقع من قبل. وإدراك الشذوذ على هذا النحو يستهل فترة تجرى فيها عملية ملاءمة للمقولات الذهنية إلى أن يصبح ما كان شاذا في البداية هو المتوقع سلفا. وعند هذه النقطة يكون الاكتشاف قد اكتمل. وسبق لي أن أكدت على أن هذه العملية، أو عملية أخرى شديدة الشبه بها، تحدث عند انبثاق جميع الإبداعات العلمية الأساسية. وليسمح لي القارىء الآن، إذا ما سلمنا بهذه العملية، أن أوضح أنه بات بإمكاننا أخيرا أن نشرع في تبين الأسباب التي من شأنها أن تجعل العلم القياسي، هذا المشروع الذي لا يستهدف مباشرة الوصول إلى إبداعات بل وينزع في البداية إلى قمعها، يبدو في صورة قوة فعالة يدفع بها إلى دائرة الضوء.

وخلال تطور أي علم يسود عادة شعور بأن أول نموذج إرشادي يعترف الباحثون بصحته إنما يفسر بنجاح غالبية المشاهدات والتجارب المتاحة في سهولة ويسر للاخصائيين في مجال ذلك العلم. ولهذا فإن المزيد من التطور يستلزم عادة بناء جهاز محكم، واستحداث لغة ومهارات تقنية متخصصة، وصقل المفاهيم التي يقل باطراد التشابه بينها وبين أنماطها الأصلية العادية الشائعة. ومن ناحية يؤدي اختفاء الصبغة المهنية إلى تقييد شديد لمجال رؤية رجل العلم، وإلى المقاومة الحادة ضد تغيير النموذج الإرشادي لقد أصبح العلم هنا جامدا بصورة متزايدة. ولكن نلحظ من ناحية أخرى في إطار تلك المجالات التي يشد إليها النموذج الإرشادي انتباه فريق الباحثين، أن يقود العلم القياسي إلى معلومات مستفيضة وتفصيلية، وإلى دقة في المطابقة بين المشاهدة وبين النظرية، وهو ما لا يمكن أن يتحقق بوسيلة أخرى. علاوة على هذا فإن هذه المعلومات المستفيضة، ودقة المطابقة لهما قيمتهما التي تتجاوز القيمة الأصلية لهما والتي لا تحتل دائما مكانة عالية. فبدون الجهاز الخاص الذي أنشىء أساسا للوصول إلى نتائج مقدرة سلفا، يمكن ألا تحدث النتائج التي تفضي في النهاية إلى التجديد المبدع. بل وعندما يكون الجهاز موجودا لا ينبثق الجديد عادة إلا للشخص الذي يعرف بدقة ما الذي يجب عليه أن يتوقعه، ومن ثم يكون قادرا

على إدراك أن خطأ ما قد حدث. إن الشذوذ لا يظهر إلا مقابل خلفية يهيئها النموذج الإرشادي. فكلما كان النموذج الإرشادي أكثر دقة وأبعد مدى كلما زودنا بمؤشر أشد حساسية يكشف عن الشذوذ ومن ثم يتيح فرصة لتغيير النموذج الإرشادي. والملاحظ في عملية الاكتشاف العادية أن المقاومة ذاتها ضد التغير لها فائدة وهو ما سوف نكشف عنه بإفاضة أكثر في الفصل التالي. إذ أن ضمان النموذج الإرشادي لن يستسلم بسهولة يعني أن المقاومة تضمن عدم تشوش فكر العلماء وصرف انتباههم بسرعة ودون موجب، وأن مظاهر الشذوذ التي تفضي إلى تغير النموذج الإرشادي سوف تنفذ إلى المعارف القائمة حتى النخاع. وإذا كان الواقع يشهد بأن إبداعا علميا هاما غالبا ما يظهر في آن واحد في العديد من المعامل، إنما يعد مؤشرا يدل على الطبيعة التقليدية الصلبة للعلم القياسي، كما يدل على أن هذا المشروع التقليدي إنما يمهد بصورة كاملة ومحكمة السبيل إلى تغييره هو ذاته.





الفصل السابع
الأزمة وانبثاق النظريات العلمية

جميع الاكتشـافات التي تنـاولناها في الفصـل السادس كانـت أسبابا أو عـوامل أسهمت في تغيير النموذج الإرشادي. علاوة على هذا فإن التغيرات التي انطوت على هذه الاكتشـافات كـانت جميعها عـوامل بناء مثلما هي عـوامل هدم. ومـا أن يتم استيعـاب الاكتشـاف، حتى يصبح في استطـاعـة العلماء تفسير نطـاق أوسع من الظواهر الطبيعية أو تفسير بعض الظواهر التي كانت معروفة قبلا تفسيرا أكثر دقة. بيـد أن هـذا الكسب لم يتحقق إلاّ بعـد إسقـاط بعض المعتقـدات أو الإجـراءات المعيارية السابقة وكذلك، وفي نفس الوقت، بعد تبديل مكونات النموذج الإرشادي السابق بغيرها. وسبق أن أكدت أن التحولات من هذا النوع تقترن بكل الاكتشافات التي تم إنجازها في إطار العلم القياسي فيما خلا الاكتشافات التي لا تثير الانتباه نظرا لأنها كانت متـوقعة سلفـا في صورتها الإجمالية دون تفصيلاتها. ولكن الاكتشـافات ليست هي المصادر الوحيدة التي تنبع منها هـذه التحولات البناءة ـ الهدامة للنموذج الإرشادي. وسوف نشرع في هذا الفصل في دراسة التحولات المماثلة، وإن تكن عادة أوسع نطاقا بكثير، وهي التي تأتي نتيجة ابتكار نظريات جديدة.

بعـد أن أوضحنا أن الـوقائع والنظـريـات، وكذا الاكتشـافات والابتكـارات في العلـوم ليست أمورا متمايـزة دائما وبصورة دائمـة، يمكن أن نتوقع مقـدما قـدرا من التداخل بين هذا الفصل وسابقه. (إن الإشـارة التي تبدو مستحيلة عقلا التي تفيد بأن بـريستلي اكتشف الأكسجين أولا ثم ابتكـره من بعـده لا فـوازييـه إشـارة لها جـاذبيتهـا. إذ سبق أن صادفنـا الأكسجين أولا كـاكتشـاف، ثم التقينـا به ثـانيـة كابتكار) وسـوف نعمد حتما عند تناول مسألـة انبثاق النظريات الجديـدة إلى توسيع نطـاق فهمنـا لـلاكتشـاف بـالمثل. ولكن التـداخل غير التطـابق. وإن أنـواع الاكتشـافـات التي تناولناهـا في الفصل الأخير لم تكن، على الأقل وحدها، مسـؤولة

عن حـدوث تحولات في النموذج الإرشـادي على نحـو ما حـدث في ثـورات كل من كـوبرنيكـوس ونيوتن والثـورة الكيميـائية وثـورة أينشتين . بل ولم تكن مسئولـة عن تحولات أقل نسبيا ، نظرا لطابعهـا المهني الصرف ، في النموذج الإرشادي الناتج عن النظريات الموجية للضوء أو النظرية الدينـامية للحرارة أو النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل . والسـؤال كيف يمكن لنظريـات كهذه أن تنبت في إطـار العلم القياسي وتنبثق منـه ، وهو مشروع لا يستهـدف أسـاسا الـوصول إلى نظـريـات بقدر مـا لا يستهدف الوصول إلى اكتشافات؟

إذا كان إدراك الشذوذ له دور في انبثاق أنواع جديدة من الظواهر، فلن يكون من دواعي الدهشـة لأي أحد القول إن مثـل هذا الإدراك ، ولكن على نحو أكثـر عمقا ، يعد شرطا أوليـا لجميع التغيرات المقبولة التي تطرأ على النظـرية . وأحسب أن البينة التاريخيـة فيما يختص بهذه النقطـة ، واضحة تماما ولا لبـس فيها . لقد كـانت حـالة فلك بطليموس بمثابة فضيحة قبل إعلان نتائج أعمال كوبرنيكوس [١] . واعتمدت إسهامات جـاليليو في دراسة الحركة اعتمادا وثيقـا على المشكلات التي كشف عنها النقاد المدرسيون لنظرية أرسطو [٢] . ونشأت نظرية نيوتن الجديدة عن الضوء واللون عند اكتشاف أن جميع النظريات القائمة قبل النموذج الإرشادي لم تنجح في تفسير طول ألوان الطيف ، كما ظهـرت النظرية الموجية التي حلت محل نظـرية نيوتن وسط القلق المتزايـد بشأن مظاهـر الشذوذ في عـلاقة آثار الحيـود والاستقطاب على نظـرية نيوتن [٣] . ونشأت الديناميكا الحرارية من خلال الصدام بين نظريتين في الفيزياء

(١) A. R. Hall, (The Scientific Revolution,) 1500-1800 (London, 1954), p. 16.

(٢) Marshall Clagett, (The Science of Mechanics in the Middle Ages) (Madison, Wis., 1959), Parts II-III. A. Koyré displays a number of medieval elements in Galileo's thought in his (Etudes Galiléennes) (Paris, 1939), particularly Vol. I.

(٣) عن نيـوتن انظـر : T. S. Kuhn, "Newton's Optical Papers," in Isaac Newton's Papers and Letters in Natural: Philosophy, ed. I. B. Cohen (Cambridge, Mass., 1958), pp. 27-45.

وعن التمهيد للنظرية الموجية انظر :

E. T. Whittaker, A. History of the Theories of Aether and Electricity, I (2nd ed.; London, 1951), 94-109; and W. Whewell, History of the Inductive Sciences (rev. ed.; London, 1847), II, 396-466.

كـانتا مـوجـودتين في القرن التـاسع عشر، مثلما ولـدت ميكـانيكا الكم من خـلال مجمـوعـة متبـاينة من المشكـلات التي أحـاطت بـاشعـاع الجسم الأسـود، والتأثير الكهروضوئي وضروب الحرارة النـوعية [٤] علاوة على ذلك نـلاحظ في جميع هذه الحالات، فيما عدا حـالة نيـوتن، أن إدراك الشذوذ استمـر طويـلا ونفذ إلى الأعماق حتى يمكن لنا أن نصف بحق المجالات التي تأثرت بـه بأنها عانت أزمة متصاعدة. ونظـرا لأنها كـانت تستلـزم تـدميرا واسع النطـاق للنمـوذج الإرشـادي، وتحولات أساسيـة في مشكلات وتقنيات العلم القياسي، لـذلك فإن انبثاق نظريات جـديدة كـانت تسبقه عـادة فترة يغلب فيها على البـاحثين المختصين شعور واضح بـالقلق وعدم الأمان. وكما لنا أن نتوقع فإن هذا الشعور بعدم الأمان إنما تولد بفعل الإخفاق المطـرد في الوصـول إلى النتائج المرتقبـة من حل ألغاز العلم القيـاسي. ومن ثم فإن إخفاق القواعد القائمة هو المقدمة للبحث عن قواعد جديدة.

ولنتأمل معـا أولا حـالـة من حـالات تغيير النموذج الإرشـادي اشتهـرت وذاع صيتها بصورة واضحـة، وهي ميلاد فلك كوبرنيكوس. إذ عندمـا ظهرت لأول مرة نظرية الفلك الأولى السابقة، ونعني بها مذهب بطليموس، الذي كانت له السيادة على مدى القرنين الأخيرين قبل ميلاد المسيح والقرنين ا لتـاليين، أقول عندما ظهرت هذه النظرية بدت ناجحـة بصورة تثير الإعجاب في التنبؤ بالأوضاع المتغيرة لكل من النجوم والكـواكب، ولم يحدث أن قام أي مذهب قـديم آخر بمثل هـذا الدور على هذا النحـو من الكفاءة، ولايـزال فلك بطليمـوس يستخدم اليوم على نطـاق واسع لوضع أحكام هندسية تقريبية عن النجوم، أما بالنسبة للكواكب فقد كانت نبوءات بطليموس جيدة مثلها مثل نبوءات كوبـرنيكوس. ولكن نجاح أي نظرية علمية في إثـارة الإعجـاب لا يعني أبـدا أنها نـاجحـة تمامـا. وفي مـا يتعلق بكل من مـواضع الكواكب ومبـادرة الاعتدالين لم تكن التنبـؤات بناء على مذهب بطليمـوس متسقة

(٤) عن نظرية الديناميكا الحرارية انظر: Silvanus P. Thompson, (Life of William Thomsom) Baron Kelvin of Largs (London, 1910), 1, 266-81.

وعن نظرية الكم انظر:
Fritz Reiche, The Quantum Theory, trans. H. S. Hatfield and II. L Brose (London, 1922), Chaps. i-ii.

على الإطلاق مع أفضل المشاهدات المتاحة. وأدى المزيد من التغاضي عن تلك التناقضات البسيطة إلى تراكم الكثير من المشكلات الأساسية الخاصة بالبحوث القياسية في علم الفلك التي واجهها كثيرون من خلفاء بطليموس. ويطابق هذا تماما محاولة مشابهة استهدفت التقريب بين مشاهدات الأجرام السماوية وبين نظرية نيوتن ولكنها أفضت إلى مشكلات في البحث القياسي واجهها خلفاء نيوتن في القرن الثامن عشر. وكان لعلماء الفلك، على مدى فترة من الزمن، كل الحق في افتراض أن تلك المحاولات سوف تنجح، شأنها شأن المحاولات التي أفضت إلى مذهب بطليموس. إذ استطاع علماء الفلك عن بكرة أبيهم محو التضارب الذي صادفهم وذلك بإدخال تعديل على مذهب بطليموس عن طريق الدوائر المركبة، ولكن بمرور الزمن فإن كل من يتأمل الحصيلة النهائية الصافية لجهود البحث القياسي للكثيرين من علماء الفلك يلحظ بسهولة أن علم الفلك ازداد تعقدا باطراد بمعدل أسرع من الزيادة في دقته، وأن تصويب التضارب في موضع ما سرعان ما يكشف عن نفسه كمشكلة واضحة في موضع آخر [٥].

ولكن هذه المشكلات لم تعرف إلاّ ببطء قليلا قليلا، وذلك بسبب أن مسار تراث علم الفلك قطعته مرارا عوامل تدخل من الخارج، وأيضا بسبب عدم وجود الطباعة ونقص وسائل الاتصال بين علماء الفلك. ولكن عرف كل شيء في النهاية. واستطاع ملك إسبانيا الفونس العاشر أن يعلن في مطلع القرن الثالث عشر أن الرب لو كان قد استشاره عند خلق الكون لأسدى إليه مشورة نافعة. وفي القرن السادس عشر ذهب دومنيكودا نوفارا، زميل كوبرنيكوس، إلى حد القول إن أي مذهب يتسم بما يتسم به مذهب بطليموس من تعقد وعدم دقة لا يمكن له أن يكون صادقا أمينا في تصور الطبيعة. وكتب كوبرنيكوس نفسه في تصديره لكتاب De Revolutionibus أن تراث علم الفلك الذي ورثه لم يخلق في النهاية غير كائن مشوه. ومع مطلع القرن السادس عشر بدأ يتزايد عدد الثقات من خيرة علماء الفلك في

(٥) J. L. E. Dreyer, (A History of Astronomy from Thales to Kepler) (2d ed.; New-York, 1953), chaps. xi-xii.

أوربا الذين سلموا بأن النموذج الإرشـادي لعلم الفلك قد أخفق عند تطبيقه على مشكلاته التقليـدية . وكان هذا الاعتراف شرطـا ضروريا مسبقا لرفض كـوبرنيكوس للنموذج الإرشـادي البطليموسي ، ومن ثم للشروع في البحـث عن آخر جـديد . ولا تزال مقدمته للكتاب تشكل صورة كلاسيكية معبرة عن حالة الأزمة (٦) .

وطبعي أن انهيار النشاط التقني المعتاد في حل الألغـاز ليس هو العنصر الوحيد في أزمة علم الفلك التي واجهت كوبرنيكوس . فثمة معالجة مستفيضة سوف تتناول بالتفصيل كذلك دور الضغط الاجتماعي في سبيل إصـلاح نظام التقويم الشمسي ، وهـو ضغط جعل حل لغز مبـادرة الاعتدالين مسألـة ملحة بصـورة متميزة . هـذا علاوة على دراسة مسهبة عن النقد الذي دار في العصر الوسيط ضد أرسطو، وظهور النزعة الأفلاطونية الجديدة ـ مع عصرالنهضة ، وغير ذلك من عناصر تاريخية هامة . بيـد أن الانهيار التقني سيظل هـو لب الأزمـة . فالعـوامل الخارجيـة مثل تلك التي أسلفنـاها تعتبر في أي علم نـاضج ــ وكان علم الفلك علما نـاضجـا منذ القـدم ـ عوامل هامة وأساسية في تحديد مـواقيت الانهيار، وسهولة التعرف على ذلك ، وبيان المجال الذي أصـابه الانهيار أولا، وذلك لما تحظى به من اهتمام خـاص . وعلى الرغم من أن قضايا كهذه لها أهمية كبيرة إلا أنها تخرج عن الحدود المرسومة لدراستنا .

و إذا اكتفينا بهذا القدر من البيان لتوضيح ثورة كوبرنيكوس ، فإننا ننتقل إلى مثال آخر مختلـف عنه ، خاص بـالأزمة التي سبقـت ظهور نظـرية لافوازييـه عن احتراق الأكسجين . ففي العقـد الثـامن من القـرن الثـامن عشر تجمعت عـوامل عـديـدة تسببت في خلق أزمة قطاع الكيمياء ، ولم يتفق رأي المؤرخين سواء بشأن طبيعة هذه العوامل أو أهميتها النسبية . ولكن عـاملين اثنين اتفقت الآراء بوجه عام على أن لهما أهمية من الدرجة الأولى : ظهور كيمياء الهوائيات المضغوطة ومسألة علاقات الوزن . ويبـدأ تاريخ الأولى في القـرن السابع عشر مع استحـداث مضخة الهواء ، وانتشـار استعمالها في التجـارب الكيميـائيـة . ومع استخدام هـذه المضخـة وعـدد آخـر من

(٦) T. S. Kuhn, (The Copernican Revolution) (Cambridge, Mass., 1957), pp. 135-43.

الأجهزة التي تعمل بالهواء المضغوط خلال القـرن التالي، تزايدت الفرص أمام علماء الكيمياء لإدراك ضرورة أن يكون الهواء مقوما فعالا في جميع التفاعلات الكيميائية. ولكن علماء الكيميـاء، ـــ مع استثنـاءات قليلـة غير محددة تمامـا بحيث لا يمكن اعتبارها استثناءات على الإطلاق ـ استمـروا في اعتقادهم بأن الهواء هو النوع الوحيد الموجـود من الغـازات. وظل الـوضـع على هـذه الحال حتى ١٧٥٦ عنـدمـا أوضح جوزيف بلاك أن الهواء الثابت (ك أ٢) يمكن تمييزه دائما عن الهواء العادي، وهنا ظن العلماء أن أي عينتين من الغـاز يمكن التمييز بينهما فقط على أسـاس حـالة عـدم النقاء في كل منهما (٧).

وبعد جهـود بلاك تقـدمت بحوث الغـازات بسرعة، خـاصة على يـد كل من كافندش وبريستلي وسكيل الذين أستطاعـوا معا تطوير عدد من التقنيات الجديدة القادرة على التمييـز بين عينة من الغاز وبين غيرهـا. وكان هؤلاء جميعـا، ابتداء من بلاك وحتى سكيل، يؤمنون بنظرية الفلوجستون، وغالبا ما استخدموها في تصميم التجارب وتفسيرها. ولقد استطاع سكيل بالفعل أن ينتج أولا الأكسجين عن طريق سلسلة من التجارب المتقنـة التي وضع تصميمها بهدف تخليص الحرارة من عنصر الفلـوجستـون. ولكن النتيجـة الخالصـة التـي تمخضت عنهـا تجاربهم هي ظهـور ضروب متبـاينـة من عينات الغـاز وخـواص الغـاز المعقـدة، بحيث بدت نظـريـة الفلوجستـون عاجزة على نحـو متزايد بـاطراد عن تفسير وقـائع التجارب التي يجريها البـاحثون في معـاملهم. وعلى الـرغم من أن أحـدا من هؤلاء الكيميـائيين لم يلمح الحاجـة إلى التخلي عن تلك النظـرية واستبـدالها، إلا أنهم عجـزوا عن استخدامهـا بصورة متسقة وثابتة. وبمرور الوقت بـدأ لافوازييه تجاربه على أنواع الهواء منذ مطلع العقـد الثـامن للقـرن الثـامن عشر. وكـانت هنـاك آنـذاك صور عـديـدة لنظـريـة الفلـوجستـون بقدر مـاكـان هنـالك من باحثين كيميـائيين في مجال كيميـاء الهواء

---

(٧) J. R. Partington, (A Short History of Chemistry) (2d ed.; London, 1951), pp. 48-51, 73-85, 90-120.

المضغـــوط(٨). وإن هذه الكثـرة من الصور المتباينـة للنظرية هي أحـد الأعراض العادية تماما الدالة على وجود أزمة. والجدير بالذكر أن كوبرنيكوس اشتكى من ذلك هو أيضا في مقدمته.

بيد أن تـزايد غمـوض نظريـة الفلوجستون وتنـاقص جدواهـا بالنسبـة لكيمياء الهوائيات المضغوطة، لم يكونا وحدهما سبب الأزمة التي واجهت لافوازييه. لقد كان معنيا أيضـا بتفسير زيادة أوزان غـالبية الأجسـام عند احتراقهـا أو تحميتها، وهـذه بـدورها مشكلـة لها تاريخ سـابق طويل. فـالشائع على الأقل أن علماء الكيميـاء الإسلاميين عرفـوا أن بعض المعادن يزيد وزنها عند تحميتهـا. وفي القرن السابع عشر استخلص عديـد من البـاحثين من هذه الحقيقة نفسهـا أن المعدن المحمي يكتسب بعض العنـاصر من الغـلاف الغـازي المحيط بـه. غير أن هذه النتيجـة بـدت غير ضرورية بـالنسبة لغالبية البـاحثين الكيميائيين في القرن السـابع عشر. فإذا كانت التفاعلات الكيميـائية قادرة على أن تغير حجم ولون ونسيـج مقومات المادة، فلماذا نستبعد أن نغير الـوزن كذلك؟ ولم يكن الـوزن دائما آنذاك معيارا لتقـدير كم المادة. هذا علاوة على أن زيادة الوزن بسبب التحمية ظلـت ظاهرة منفصلة. ثم إن غالبية الأجسـام الطبيعية (مثل الخشـب) ينقص وزنها عند التحميـة على نحـو ما أفـادت نظرية الفلوجستون فيما بعد.

ولكن خـلال القـرن الثـامن عشر أصبح الـوضع أكثـر صعـوبـة بحيث لم يعـد بالإمكان الاجتزاء بتلك الإجابات التي بدت كافية في أول الأمر بالنسبة لمشكلة زيادة الوزن. ويرجع سبب ذلك من ناحية إلى تزايد استعمال الميزان أداة معيارية في البحث الكيميائي، كما يـرجع من ناحيـة أخرى إلى تطور كيميـاء الهوائيات المضغـوطة التي جعلت من الممكن ومن المستصـوب في آن واحـد الحفـاظ على النـواتـج الغـازيـة

---

(٨) على الرغم من أن اهتمامهم الرئيسي يتعلق بمرحلة تالية لذلك بقليل، إلا أننا نجد قدرا كبيرا من المادة وثيقة الصلة متناثرة هنا وهناك. انظر مثلا:

J. R. Partington and Douglas McKie's "Historical Studies on the Phlogiston Theory," Annals of Science, II (1937), 361-404; III (1938), 1-58, 337-71; and IV (1939), 337-71.

للتفاعلات، ومن ثم اكتشف الكيميائيون مزيدا من الحالات التي تقترن فيها زيادة الوزن بالتحمية. كذلك، وفي نفس الوقت، فإن الاستيعاب التدريجي لنظرية نيوتن عن الجاذبية دعا الكيميائيين إلى الإصرار على أن زيادة الوزن تعني بالضرورة زيادة في كم المادة. ولكن هذه النتائج لم تؤد إلى رفض نظرية الفلوجستون، ذلك لقدرة هذه النظرية على أن تتلاءم بوسائل عديدة. إذ ربما أن الفلوجستون له وزن سالب، أو ربما دخلت بعض حزيئات النار أو شيء آخر إلى الجسم المحمي في الوقت الذي غادره فيه الفلوجستون. هذا علاوة على تفسيرات أخرى غير هذه لا داعي لذكرها. ولكن إذا كانت مشكلة زيادة الوزن لم تؤد إلى الرفض، فإنها أدت بالفعل إلى زيادة عدد الدراسات الخاصة التي اعتبرت هذه المشكلة مشكلتها الرئيسية. ونذكر من بين هذه الدراسات، دراسة عنوانها «عن الفلوجستون باعتباره جوهرا له وزن، وتحليله في ضوء ما يحدثه من تغيرات في وزن الأجسام التي يتحد بها». وقرئت هذه الدراسة أمام الأكاديمية الفرنسية في عام ١٧٧٢، وهو العام الذي سلم في نهايته لافوازييه مذكرته المختومة إلى أمانة الأكاديمية. وها نحن وقبل كتابة المذكرة نجد إحدى المشكلات وقد أصبحت لغزا بارزا مستعصيا بغير حل بعد أن ظلت على هامش وعي الكيميائيين سنوات طويلة [٩]. وصيغت نصوص كثيرة متباينة لنظرية الفلوجستون بغية مواجهة الموقف، وحل المشكلة. واصطلحت مشكلات كيمياء الهوائيات المضغوطة وكذا مشكلات زيادة الوزن وضاعفا باطراد من صعوبة تحديد نظرية الفلوجستون ومعرفة حقيقتها. وهكذا نجد نموذجا إرشاديا لكيمياء القرن الثامن عشر يفقد تدريجيا مكانته الفريدة على الرغم من أن الباحثين كانوا لايزالون يؤمنون به، ويرونه أداة عمل موثوقا بها. وأضحت البحوث التي تسترشد بهذا النموذج تشبه أكثر فأكثر البحوث التي تجريها المدارس المتنافسة خلال الفترة السابقة على ظهور النموذج الإرشادي، وهكذا أصبحنا إزاء بادرة نمطية من البوادر الدالة على الأزمة.

---

(٩) H. Guerlac, Lavoisier — the Crucial Year (Ithaca, N.Y., 1961).
والكتاب كله توثيق لتطور الأزمة وبداية الاعتراف بها. ولمن شاء رؤية واضحة لموقف لافوازييه ـ انظر ص ٣٥.

ولنتأمل معا الآن مثالا ثـالثا وأخيرا. ويتعلق هذا المثال بأزمة علم الفيـزياء في أواخر القرن التـاسع عشر وهي التي مهدت السبيل لانبثاق نظريـة النسبية. ويمكن تتبع أحد جذور تلك الأزمة ابتداء من أواخر القـرن السابع عشر في وقت انتقد فيه عدد من فلاسفـة الطبيعة، وعلى رأسهم ليبنتز، احتفـاظ نيوتن بصيغة محدثـة للمفهوم الكـلاسيكي عن الفضـاء المطلق [١٠]. لقد كـانوا قادريـن تقريبا، وإن لم يكـونوا قـادرين تمامـا، على بيـان أن الأوضاع والحركـات المطلقـة ليست لها أي وظيفـة في مذهب نيـوتن. ونجحوا بالفعل في الإشارة إلى الجاذبيـة الجمالية الكبيرة التي يمكن أن يكشف عنها فيما بعـد التصور النسبي الكامل للفضاء والحركـة. غير أن نقدهم كان نقـدا منطقيا خـالصا. وكـان شأنهم شأن الكوبـرنيكيين الأوائل الذيـن انتقدوا براهين أرسطـو عن ثبات الأرض، إذ لم يحلموا بأن يكون الانتقـال إلى مذهـب نسبي له نتائج تقترن بالمشاهدة. ولم يحدث في أي من المواضع أن ربطوا آراءهم بأي مشكلة من المشكلات التـي ظهرت عند تطبيق نظـرية نيـوتن على الطبيعة ونتيجـة لذلك ماتت آراؤهم بمـوتهم خلال العقود الأولى من القرن الثـامن عشر لكي تبعث حية من جديد فقط في العقـود الأخيرة من القرن التاسع عشر عندمـا أضحى لها علاقة مختلفة تماما بتطبيق الفيزياء.

ومع قبـول النظريـة الموجية عن الضـوء بعد عام ١٨١٥ تقـريبا، دخلـت نطاق العلـم القياسي المشكلات التقنية التي كان لابـد أن ترتبط بها في النهاية فلسفة نسبية عن الفضاء، هذا على الرغم من أنها لم تثر أزمـة حتى العقد الأخير من القرن التاسع عشر. إذ لو كان الضوء حركة موجية تنتشر في وسط أثيري ميكانيكي تحكمه قوانين نيوتن فسـوف يكون بإمكان مشـاهداتنا للفلك وتجاربنا على الأرض إثبـات وجود حركة نسبية عبر الأثير. ولقد كانت مشاهدات الفلكيين للحيود هي وحدها من بين مشاهـداتهم للأجـرام السماوية التي أعطت الأمل في الوصـول إلى درجة كـافية من الدقة في سبيل التزود بمعلومات وثيقة الصلة بالموضوع. ومن ثم أصبح إثبات حركة عبر الأثير عن طريق قياسـات الانحراف مشكلة معترفاً بها في البحـوث القياسية.

(١٠) Max Jammer, (Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics) (Cambridge, Mass., 1954), pp. 114-24.

وأنشئت أجهزة كثيرة متخصصة لحل هذه المشكلة بيد أن هذا الجهاز لم يسجل أي حركة ممكن مشاهدتها، ومن ثم تحولت المشكلة من أيدي الباحثين القائمين بالتجارب والمشاهدات إلى الباحثين في شئون النظرية. وخلال منتصف القرن وضع كل من فريزنل وستوكس وغيرهما تصورات لصياغات عديدة متباينة عن نظرية الأثير بهدف تفسير الفشل في مشاهدة الحركة عبر الأثير. وافترضت جميع هذه الصيغ أن جسما متحركا يسحب مع جزءا من الأثير. ونجحت جميعها في تفسير النتائج السالبة، ليس فقط بالنسبة للمشاهدات الفلكية بل وأيضا بالنسبة للتجارب على الأرض بما في ذلك تجربة مايكاسون وموريلي الشهيرة (١١). ولم يكن قد نشب بعد أي صراع حاد فيما خلا ذلك الصراع بين الصيغ المختلفة. وما كان لهذا الصراع أن يتفاقم ويحتدم في غيبة التقنيات التجريبية الملائمة. ولم يتغير الموقف ثانية إلاّ بعد التسليم تدريجيا بالنظرية الكهرومغناطيسية التي قال بها ماكسويل في العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر. كان ماكسويل شخصيا من أتباع نيوتن يؤمن بأن الضوء والكهرومغناطيسية بعامة سببهما إزاحات متغيرة في جزيئات الأثير الميكانيكي. والملاحظ أن نصوصه الأولى لنظرية عن الكهرباء والمغناطيسية استخدمت بشكل مباشر خصائص افتراضية أسبغها هو على هذا الوسط بيد أنها سقطت من النص النهائي، وإن كان لايزال يعتقد بأن نظريته الكهرومغناطيسية تتسق مع وضع صيغة ما محكمة عن نظرة نيوتن الميكانيكية (١٢). وبدا له أن استحداث هذه الصيغة المحكمة هو التحدي الذي يواجهه هو وخلفاؤه. ولكن في التطبيق العملي، وكما يحدث غالبا على مدى التطور العلمي، ثبت أن من الصعوبة بمكان وضع الصيغة المطلوبة. وتكرر ما حدث تماما مع اقتراح كوبرنيكوس عن الفلك، على الرغم من تفاؤل صاحبه، الذي أدى إلى نشوء أزمة تفاقمت بإطراد

---

(١١) Joseph Larmor, (Aether and Matter ... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena) (Cambridge, 1900), pp. 6-20, 320-22.

(١٢) R. T. Glazebrook, (James Clerk Maxwell and Modern Physics) (London, 1896), chap. ix.

وعن اتجاه ماكسويل الاخير انظر كتابه:

A Treatise on Electricity and Magnetism (3d ed.; Oxford, 1892), p. 470.

بالنسبة للنظريات القائمة في عصره عن الحركة، كذلك فإن نظرية ماكسويل، على الرغم من أصلها النيـوتوني، أفضت في النهاية إلى أزمة تتعلق بـالنموذج الإرشادي الذي انبثقـت عنه (١٣). علاوة على هذا فقـد كانت مشكلات الحركـة وعلاقتها بالأثير، وهي التي فرغنا من الحديث عنها تـوا، هي بالتحديد قوام بؤرة الخلاف التي أضفت بطابعها المحتدم على هذه الأزمة.

والملاحظ أن دراسة ماكسويل للسلوك الكهرومغنطيسي للأجسام المتحركة لم تشر إلى عملية سحب الأثير، وأكـدت أن من الصعوبة بمكان إدخـال عامل السحب في نظريته. ونتيجة لذلك بدت سلسلة كاملة من المشاهدات التى استهدفت في السابق إثبات الحركة عبر الأثير أمرا شاذا. وبعد عام ١٨٩٠ بقليل بدأت سلسلة طويلة من المحاولات التجـريبية والنظريـة على السواء لتسجيل الحركـة بالنسبة لـلأثير وإدخال عنصر سحب الأثير ضمن نظريـة ماكسويل. وأخفقت المحـاولات الأولى جميعها، على الـرغـم من أن بعض المحللين ظنـوا أن النتـائج التى تـوصلـوا إليهـا يشـوبها الغموض. أمـا المحاولات الثـانية فقـد تمخضت عن عدد من البـدايات الـواعدة، خاصة ما جاء منها على يد لورنتز وفتزجرالد، ولكنها كشفت الغطاء أيضا عن ألغاز أخرى لا تزال بحاجة إلى حل، ثم بلغ الأمر غـايته المعهودة حيث تكاثرت النظريات المتنافسة وهي النهاية التى وجدنا سابقا أنها لازمة من لوازم الأزمة (١٤). وكان هذا هو الوضع التاريخى الذى انبثقت على أرضيتـه نظرية أينشتين عن النسبية الخاصة في عام ١٩٠٥.

وهذه الأمثلة الثلاث متطـابقة تماما تقريبا. ففي كل حالة ظهرت نظـرية جديدة ولكن فقط بعـد فشل واضح مني بـه النشاط العـادى لحل المشكلات. عـلاوة على هذا، وبـاستثناء حالـة كوبرنيكـوس التى لعبت فيها عوامل خـارجة عن العلم دورا كبيرا متميزا، فإن ذلك الفشل، وتكاثـر النظريات يعد بادرة عليـه، إنما حدثا قبل

(١٣) عن دور الفلك في تطور الميكانيكا انظر ـ توماس كون ـ المرجع السابق ـ الفصل السابع.
(١٤) ويتاكـر Whittaker ، نـفس المرجـع حـ ١ ـ ص ٣٨٦ ـ ٤١٠ وحـ ٢ (لـندن ـ ١٩٥٣) ٢٧ ـ ٤٠.

عقد أو أكثر من وضع صياغة النظرية الجديدة. وتبدو هنا النظرية الجديدة استجابة مباشرة للأزمة. ولنلاحظ كذلك، وأن لم يكـن هذا الأمر متطابقا في كل الأحيان، أن المشكلات التى هي مكمن الفشل كانت جميعها مشكلات من نمط معروف منذ زمن طويل. وأعطت الممارسة السابقة للعلم القياسى كل مبرر لاعتبارها مشكلات محلولة تماما أو شبة محلولة تقريبا، وهو ما يساعد على تفسير السبب في أن إحساس الفشل، حين يقع، يبدو حادا للغاية. وعلى النقيض من ذلك فإن الفشل مع مشكلة من نوع جديد غالبا ما يكـون مخيبا للآمال ولكنه لا يكون أبدا مثيرا للدهشة. إذ يحدث ما يحدث عادة مع المشكلات والألغاز، فإن أيا منها لا يستسلم في الغالب في أول هجوم. وهناك أخيرا قسمة مشتركة أخرى بين هذه الأمثلة الثلاثة ويمكن أن تساعد على جعل المسألة الخاصة بدور الأزمـة هنا أكثر وضوحا وتأثيرا: وهي أن حل كل منها كان مقـدرا سلفا ولو جزئيا على الأقل خـلال الفترة التى لم تكن فيها أزمة في العلم المنـاظر، وأن هـذه التـوقعات المقـدرة سلفا كـانت مغفلـة خلال فترة غياب الأزمة.

إن السبق الكـامل والـوحيد والأكثـر شهـرة أيضـا هو سبق أرسطـارخـوس على كوبرنيكـوس في القرن الثالث قبل الميلاد. وكثيرا ما يقال لـو أن العلم الأغريقي كان أقل إغراقا في الاستدلال المنطقي، وأقل خضوعـا واستسلاما للعقيدة الجامدة، لربما بدأ الفلك القائل بمركزية الشمـس قبل ظهوره المعهود بثمانية عشر قرنا(١٥). بيدأن هذا القول يعني إغفـالا تاما للسياق التـاريخي. إذ عندما قدم إرسطارخـوس نظريته كان نظام مركزية الأرض واسع الانتشار، مقبولا عقلا، ولم يكن يفتقر آنذاك إلى شيء يمكن أن يفي بـه ولـو ذهنيـا نظـام مركـزيـة الشمس. وأن التطـور الكـامل لفلك بطليمـوس، سـواء انتصاراتـه أو هـزائمـة، يقع على مـدى القرون التـاليـة لاقتراح

(١٥) عن أعمال ارستارخوس انظر:

For Aristarchus' work, see T. L Heath, (Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus) (Oxford, 1913), Part II.

وللإطلاع على بيان مسهب عن الوضع التقليدي بشأن إغفال إنجاز ارسطارخوس انظر:

Arthur Koestler, (The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe)(London, 1959), p. 50.

إرسطـارخوس. عـلاوة على هذا أنـه لم تكن هناك أسبـابا واضحـة توجب أخـذ آراء أرسطارخوس مأخذا جـادا. بل أن نظرية كوبرنيكوس، والتي كـانت أكثر إحكاما، لم تكن أكثـر بساطـة ولا أكثر دقة مـن نظام بطليمـوس. ولم تهيء التجارب المتـاحة القائمة على المشـاهدة، كما سوف نرى بـوضوح أكبر فيما بعد، أي أساس لـلاختيار بينهما. وفي ضـوء تلك الظـروف فإن أحد العـوامل التي قـادت علماء الفلك في اتجاه كوبرنيكوس (وهو عامل لم يكن بالإمكان أن يقودهم إلى أرسطارخوس) هو الاعتراف بالأزمة التى كانت مسئولة عن التجديد في المحل الأول. ولقد أخفق فلك بطليموس في حل المشكلات وحان الوقت الذي تهيأت فيه الفرصة المنافسة. ولا نجد في المثالين الآخـرين من أمثلتنا الثـلاثة سبقـا كامـلا مماثـلا لهذا. ولكن الشيء المؤكد أن أحـد الأسبـاب التى من أجلهـا أخفقت نظـريـات الإحتراق عن طـريق الامتصـاص من الغلاف الغازى ــ وهي النظريات التى استحدثهـا في القرن السابع عشر كل من ري Rey وهـوك Hooke ومايـو Mayaw ـ في أن تجد آذاناً صاغيـة على نحو كاف هو عـدم وجـود أي رابطـة بينها وبين أي مشكلـة من المشكـلات المعترف بها آنـذاك في الممارسة العلمية القياسية(١٦). ومما لا ريب فيه أن إخفاقا مماثلا في حدوث مواجهة كان أحد الأسبـاب الرئيسية التي جعلت علماء القرنين ١٨ و١٩ يغفلون زمنـا طويلا انتقادات أصحاب النظرة النسبية لمذهب نيوتن.

لقد أثبـت فلاسفة العلـم مرارا أن بالإمكـان دائما وضع العـديد من الصيـاغات النظـرية على أي مجمـوعة من الـوقائع المجمعـة. ويفيد تـاريخ العلم، خاصـة في المراحل الأولى لنشـوء نموذج إرشـادى جديـد، أن ليس من الصعب بمكان ابتـداع مثل هذه البدائل. بيد أن ابتكار البدائل هو على وجه الدقة الشيء الوحيد الذي نادرا ما يضطلـع به العلماء اللهم إلا في مـرحلة نشوء علمهـم، وهي المرحلة السـابقة على ظهور النمـوذج الإرشادى، وفي منـاسبات خـاصة جـدا على مدي تطـور العلم فيما بعـد. فطالما أثبتت الأدوات التـى يزودنـا بها النمـوذج الإرشادى أنهاقـادرة على حل المشكلات التى يحددها، فإن العلم يواصل تقدمه بأسرع الخطى، وينفذ إلى الأعماق

(١٦) بارتنجتون نفس المرجع ـ ص ٧٨ ـ ٨٥.

عن طـريق الإستخـدام الـواثق لتلك الأدوات، وسبب ذلك واضح جلي فـالحال في العـام مثله في الصنـاعة سـواء بسواء، إذ أن تغيير الأدوات أسراف ينبغي إدخـاره إلى حين، حيث تقتضيـه الضرورة. ودلالة الأزمـات أنها تعطي مـؤشرا بأن المنـاسبة قـد حانت لتغيير الأدوات.



الفصل الثامن
الاستجابـة لـلأزمـة

لنفترض إذن أن الأزمات شرط أولي ضروري لانبثـاق نظريات جـديدة، ولنسأل أنفسنا بعـد ذلك كيف يستجيب العلماء لهذه الأزمـات عند حـدوثها. إن جانبـا من الإجابـة، هام وواضح في آن واحـد، يمكن اكتشافه إذا مـا لاحظنا أولا مـا لا يفعله العلماء عندما تواجههم حالات شذوذ حتى وإن كـانت شديدة وطويلة الأمد. فعلى الرغم من أنهم قـد يبدأون في التخلي عن ثقتهم التامة، ومن ثم التفكير في نظـريات بديلة، إلا أنهم لا يتخلون عن النموذج الإرشادى الذى أفضى بهم إلي الأزمة. وليس معنى ذلك أنهم لا يعتبرون حالات الشذوذ شواهد مناقضة، هذا على الرغم من أنها كـذلك طبقا لتعـريف معجم مصطلحـات فلسفـة العلوم، وهـذا التعميم مبني في جانـب منه على الواقـع التاريخي وعلى أمثلة تشبـه تلك الأمثلـة التي أسلفنا عـرضها وسنعرض لها بتفصيل أكثر فيما يلي. ويلمح هذا إلى ما سـوف نتحقق منه بدقة أكثر في دراستنا بعد ذلك لعملية رفض النموذج الإرشادى. إذ ما إن تبلغ النظرية العلمية مرتبة النموذج الإرشـادى، حتى تثبت ولا يعلن البتة أنها أضحت غير ذات قيمة إلا بعد أن تتيسر نظرية أخرى منافسة تكون بديلا عنها وتحل محلها. ولم تكشف الدراسة التـاريخية التطـور العلمى عن أي عملية تشبـه القـالب المنهجي المعهود القـائم على «إثبات زيـف» نظرية عـن طريق مقـارنتها المباشرة بـالطبيعة. وليس معنـى هذا أن العلماء لا يرفضون النظـريات العلمية، ولا أن الخبرة والتجربـة غير لازمتين للعملية المفضية إلى ذلك. ولكنهـا تعنى تحديدا ـ وهذا مـا يمثل نقطة محورية في النهايـة ـ إن عملية الحكم التى تفضى بالعلماء إلى رفض نظرية كانت مقبولة سابقا إنما ترتكز دائما

على ما هو أكثر من مقارنة تلك النظرية بالعالم. فإن قرار رفض نموذج إرشادى يكون دائما وفي آن واحد قرارا بقبول نموذج إرشادى آخر، وإن الحكم الذى يفضى إلى هذا القرار إنما ينطوى على كل من مقارنة النموذجين الإرشاديين بالطبيعة ومقارنتهما بعضهما ببعض.

وهناك، بالإضافة إلى ذلك، سبب ثان للشك في أن العلماء يرفضون النماذج الإرشادية لمجرد أنهم واجهوا حالات شاذة، أو شواهد مناقضة. والجدير بالملاحظة أنه عند عرض هذا السبب تفصيلا سوف تبرز على السطح تلقائيا إحدى الأطروحات الأساسية في دراستى هذه. لقد كانت أسباب الشك المبينة إجمالا آنفا أسبابا خاصة بالوقائع بصورة محضة: إذ كانت هي نفسها شواهد مناقضة لنظرية معرفية «أبستمولوجية» سائدة. ومن حيث أنها كذلك، إذا صح رأيى الذي ألمحت إليه الآن، فإنها يمكن على أحسن الفروض أن تساعد على خلق أزمة، أو، إن شئت دقة أكثر، أن تزيد من احتدام أزمة قائمة من قبل إلى حد كبير. إنها لا تثبت بذاتها، ولن تستطيع أن تثبت، زيف هذه النظرية الفلسفية ذلك لأن المدافعين عنها سيفعلون كل ما شاهدنا العلماء يفعلونه عندما تواجههم حالة شذوذ. إنهم سوف يضعون صيغا عديدة ومتباينة، ويدخلون تعديلات عمدية لهذا الغرض بالذات على نظريتهم بغية إزالة أي صراع ظاهرى. والواقع أن الكثير من التعديلات والتنقيحات الوثيقة الصلة موجودة فعلا من قبل في أدبيات البحث العلمى الخاصة بالموضوع. ومن ثم فإن هذه الشواهد الابستمولوجية المناقضة أضحت تؤلف ما هو أكثر من عامل إثارة ثانوي فسوف يرجع ذلك إلى أنها تساعد على السماح بظهور تحليل علمى جديد ومغاير لما سبق بحيث لا تمثل هذه الشواهد في إطاره مصدرا لأي إشكال. علاوة على هذا، فلو أمكن أن نستخدم هنا تصورا نمطيا، سنعرض له فيما بعد عند الحديث عن الثورات العلمية، فإن مظاهر الشذوذ هذه لن تبدو بعد ذلك في صورة وقائع بسيطة. بل إنها، على العكس من ذلك، قد تبدو في إطار نظرية جديدة للمعرفة العلمية شيئا أشبه كثيرا بحشو الكلام، وعَرَضا دالا على حالات لم يكن بالإمكان تصورها على نحو آخر.

ولوحظ كثيرا، على سبيل المثـال، أن قانون نيـوتن الثاني عن الحركـة، على الرغم من أن إنجازه قد استغرق قرونا من البحث النظري والواقعي المضني، إنما بدا في نظر المؤمنين بنظرية نيـوتن، قضية منطقية خالصـة لا يدحضها أي قدر مـن المشاهدات مهما عظـم[1]. وسوف يتضح لنا في الفصل العـاشر أن القانون الكيميائي الخاص بالنسب الثابتة، والذي كان قبل دالتون بمثابة بينة تجريبية عرضية تتسم بعمومية تثير الكثير من الشك، أصبح بعـد جهـود دالتـون عنصرا أساسيـا من عنـاصر تعـريف المركب الكيميائي لا ينقضه أي عمل تجريبي بذاتـه. ويحدث أيضا شيء شبيه بذلك كثيرا عندما يقال على سبيل التعميـم أن العلماء لا ينتهون إلى رفض النماذج الإرشادية إذا ما واجهتهم حـالات شذوذ أو شواهد مناقضـة. إنهم يعجزون عن ذلك إذا أرادوا أن يظلوا علماء.

إن بعضهم قد اضطـروا كرها، دون شك، إلى أن يهجـروا العلم بسبب عجزهم عن تحمل الأزمة. ولكن التاريخ يستبعد أن يحتفظ بأسمائهم. إن العلماء المبدعين مثلهم مثل الفنانين يجب أن يكونوا قادرين بين الحين والحين على العيش في عالم متنافر - وقد وصفت تلك الضرورة في موضع آخر بقولي إنها «التوتـر الجوهري» الذي ينطوي عليه البحـث العلمـي[2]. بيد أنني أعتقـد أن رفض العلم على هذا النحو والتـوجه إلى عمل آخر هـو النوع الـوحيد لرفض النمـوذج الإرشادى الـذي يمكن أن تفضى إليه الشواهد المناقضة من تلقاء نفسها. وما أن يتم الاهتداء لأول مرة إلى نموذج إرشادى يرى البـاحثون من خـلاله الطبيعـة حتى يتوقف إجـراء أي بحث بعد ذلـك في غيبة نمـوذج إرشـادى مـا. ويصبح رفض النمـوذج الإرشـادى دون إحـلال غيره

(1) انظر على وجه خاص الدراسة الواردة ضمن كتاب.

N. R. Hanson, Patterns of Discovery (Cambridge, 1958), pp. 99-105.

(2) T. S. Kuhn, "The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Rsearch, in The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent, ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959). pp. 162.77.

وعن الظاهرة المشابهة لذلك بين الفنانين انظر:

Frank Barron, "The Psychology of Imagination," Scientific American, CXCIX (September, 1958), 151-66, esp. 160.

محلـه في ذات الوقت بمثـابة رفض للعلـم نفسه . ولا ينعكس أثـر هذا السلـوك على النموذج الإرشـادى بل على الإنسان . إذ ينظـر أقرانه إليـه نظرتهم إلى النجـار الذي يلقي اللوم على عدته .

ويمكن أن نؤكد هذه الفكرة ذاتها بطريق عكسى : فلا يوجد بحث علمى بدون شواهد مناقضة . إذ ما الذي يفرق بين العلم القياسى وبين العلم في حالة أزمة؟ ليس السبب يقينا أن الأول لا يواجه شواهد مناقضة . بل على العكس تماما ، إن ما سميناه قبل ذلك الألغاز التي تؤلف العلم القياسى إنما تـوجد فقط لأن أي نموذج إرشادى معتمد لـدى الباحثين كأسـاس البحث العلمى لا يمكن أبدا أن يحل بشكل كـامل وتام جميع مشكلات هذا العلم ، وإذا كانت هناك حالات نادرة جدا لنماذج إرشادية بدا أنها حققت ذلك (البصريـات الهندسية على سبيل المثال) فإنها سرعـان ما توقفت عن طرح أي مشكلة للبحث بل وتحولت إلى أدوات لمهـارات تقنية . ومن ثم فإن كل مشكلة ، ينظر إليها العلم القياسى باعتبارهـا لغزا يمكن النظر إليها من زاوية أخرى باعتبارها شاهدا مناقضا ، وبـالتالي مصدر الأزمة باستثناء تلك التى تحولت كلية إلى أدوات مساعـدة . فإن كل ما اعتبره أكثـر خلفاء بطليمـوس ألغازا عنـد التوفيق بين المشاهدة والنظريـة ، رآه كوبرنيكوس شواهد مناقضـة . كذلك فإن ما اعتبره بريستلى لغزا تـم حله على نحو جيـد في إطار نظـرية الفلـوجستون إنما رآه لافـوازييه شـواهد مناقضـة . ونفس الشىء مع أينشتين ، فإن ما رآه كل من لـورينتز وفتزجـرالد وغيرهما ألغازا في إطار صياغة نظرية نيوتن ونظـرية ماكسويل ، رآه اينشتين شواهد مناقضة . علاوة على ذلك فإن وجـود الأزمة ذاته لا يحول اللغـز تلقائيـا إلى حالة معـاكسة . إذ ليس ثمة خـط فاصل حاد على هـذا النحو. بل إن تكـاثر الصـور المتباينـة للنموذج الإرشادى يجعل الأزمـة بدلا من ذلك تخفف من سطـوة قواعد الأسلـوب العادي في حل الألغاز فتتعدد السبل على نحو يسمح في النهاية بانبثاق نموذج إرشادى جديد . وأحسب أن هناك بديلين فقط : إما أن أي نظرية علمية لا تـواجه أبدا حالة معاكسة أو أن جميع النظريات العلمية تواجه ، وفي كل الأوقات ، حالات معاكسة .

ولكن كيف كـان يمكن أن يبدو الموقف لـو كـان مختلفا عن ذلك؟ يقـودنا هـذا السؤال بالضرورة إلى ما تقدمه الفلسفة من توضيح تاريخي ونقدي ، وهي موضوعات

محظورة هنا. بيد أننا يمكن أن نلحظ على الأقل سببين يفسران لماذا بدا العلم وكأنه التعبير الصادق عن المبدأ العام القائل إن الصدق والزيف تحددهما على نحو فريد ومطلق المقابلة بين النظرية والوقائع. إن العلم القياسى يكابد، ويجب أن يكابد باستمرار، من أجل التقريب بين النظرية والواقع، وإن هذا الجهد يمكن بسهولةأن يبدو عملية اختبار أو بحث من أجل إثبات الصدق أو الكذب. ولكن هدفه، على العكس من ذلك، هو حل لغز يرتكز وجوده ذاته على صواب النموذج الإرشادى. والفشل فى الوصول إلى حل ينزع الثقة عن رجل العلم ذاته دون العلم أو النظرية العلمية. وهنا يصدق أكثر من ذي قبل المثل القائل: «النجار الفاشل يلقي اللوم على عدته» علاوة على هذا فإن طريقة تعليم العلوم التي تربط دراسة النظرية بملاحظات على نماذج من تطبيقاتها المثالية ساعدت على دعم وترسيخ نظرية المصادقة المستمدة في الجانب الأكبر منها من مصادر أخرى. إن أبسط الأسباب الداعية إلى ذلك أن من يقرأ كتابا لتدريس العلوم يستطيع بسهولة أن يأخذ التطبيقات على أنها برهان على صدق النظرية، ويري فيها الأسباب التي من أجلها ينبغي عليه أن يؤمن بها. بيد أن الطلاب الذين يدرسون مادة العلوم يسلمون بالنظريات ثقة منهم في سلطة معلمهم وفي الكتاب الدراسى، وليس بسبب البرهان. إذ ما هي البدائل المطروحة أمامهم أو ما الذى يمكنهم عمله في ضوء ما يملكونه من كفاءة واختصاص؟ إن التطبيقات التي يعرضها الكتاب الدراسي لا يسوقها الكتاب كدليل أو برهان بل لأن معرفتها جزء من تعلم النموذج الإرشادى الذي يشكل أساس الممارسة الجارية. إذ لو أن التطبيقات معروضة باعتبارها دليلا إذن لكان مجرد فشل الكتب الدراسية في الإيحاء بتطبيقات بديلة أو في دراسة المشكلات التى أخفق العلماء في تقديم حلول لها في إطار النموذج الإرشادى لكان بمثابة إدانة لمبدعيها بالانحياز الشديد. ولكن ليس هناك أي مبرر، مهما كان بسيطا، لتوجيه مثل هذا الاتهام.

ولنعد ثانية إلى سؤالنا الذي بدأنا به، وهو كيف يستجيب العلماء عند إدراك شذوذ في التطابق بين النظرية والطبيعة؟ إن ما قلناه حتى الآن يشير إلى أن التضارب، حتى وإن كان على نحو غير مفهوم، أوسع نطاقا من التضارب الذي كشفت عنه

الخبرة في التطبيقات الأخرى للنظرية فإنه لا يستثير بالضرورة رد فعل شديد، فهناك دائما بعض مظاهر للتضارب. ويحدث عادة أن أشد الحالات استعصاء على الحل تستجيب في نهاية الأمر للتطبيق العادى. وفي غالب الأحيان يؤثر العلماء التريث والانتظار، خاصة إذا ما كانت هناك مشكلات كثيرة في قطاعات أخرى من مجال البحث. وسبق أن لاحظنا على سبيل المثال، أنه على مدى الستين عاما التالية لحسابات نيوتن المبتكرة لم تتجاوز حركةالقمر نحو الحضيض التى تنبأ بها سوى نصف الحركة التى بينتها الأرصاد. وبينما لم يكف خيرة علماء الفيزياء الرياضية في أوربا عن التصدى بقوة لهذا التضارب المشهورة دون أن يحالفهم النجاح، كانت تصدر بين الحين والآخر مقترحات تدعو إلى تعديل قانون التربيع العكسي الذي قال به نيوتن. ولكن لم يأخذ أحد هذه المقترحات مأخذا جادا تماما، ثم ثبت في التطبيق العملى أن هذا الصبر على هذا الشذوذ الكبير أمر له ما يبرره. فقد استطاع كليروت في عام ١٧٥٠ أن يبين أن الخطأ يكمن فقط في الجانب الرياضى من التطبيق وأن نظرية نيوتن تحتفظ بكل قيمتها كنظرية صحيحة [٣]. بل إنه حتى في الحالات التى قد يبدو فيها أن مجرد الخطأ أمر غير محتمل الحدوث (ربما لأن الرياضيات المستخدمة أسهل أو من نوع مألوف أو طبقت بنجاح في مجال آخر) فإن حالة الشذوذ المستمرة والمعترف بها لا تكون دائما سببا في وقوع أزمة. فلم يحدث أن تشكك أحد جديا في نظرية نيوتن بسبب التضارب الذي اعترف به الباحثون ودام زمنا طويلا بين التنبؤات المبنية على أساس هذه النظرية وبين سرعة الصوت أو بينها وبين حركة عطارد. وتم في النهاية وعلى نحو غير متوقع بالمرة حسم التضارب الأول بناء على تجارب أجريت على الحرارة وأجراها الباحثون لغرض آخر مغاير تماما، وزال التضارب الثاني مع ظهور النظرية العامة للنسبية بعد أزمة لم يكن له دور في نشوئها [٤]. وواضح أن أيهما

(٣) W. Whewell, "History of the Inductive Sciences" (rev. ed.; London, 1847), II, 220 21.

(٤) عن سرعة الصوت انظر:

T. S. Kuhn, "The Caloric Theory of Adiabatic Compression, Isis, XLIV (1958), 136-37.

وعن التغيرات الموضوعية المتناهية البطء لنقطة الذنب لكوكب عطارد انظر:

E. T. Whittaker, "A History of the Theories of Aether and Electricity", II (London, 1953), 151, 179.

لم يكن فيما يبدو عاملا أساسيا في إثارة حالة القلق المصاحبة لنشوب الأزمة . ومن ثم يمكن التسليم بأنهما أشبه بشواهد معاكسة ويمكن تنحيتهما جانبا لحين البحث في أمرهما في فترة تالية .

يلزم عن هذا أن حالة الشذوذ التي تفضي إلى أزمة ، لا بد أن تكون عادة أكثر من مجرد شذوذ فحسب . فهناك دائما مشكلات في مكان ما تتعلق بمدى ملاءمة طبيعة النموذج الإرشادى ، ويجرى تصحيح أكثرها إن آجلا أم عاجلا ، ويتم هذا في الغالب من خلال عمليات لم يكن من المستطاع التنبوء بها مسبقا . فإن العالم الذي يتريث وينتظر إلى حين دراسة كل حالة من حالات الشذوذ التى يلحظها لن يؤدي عملا هاما وبارزا إلا نادرا . لذا يتعين علينا أن نسأل ما الذي يجعل شذوذا ما يبدو أمرا جديرا بدراسة فاحصة ومتضافرة ومتعمقة؟ ولكن ربما لا توجد إجابة عامة وكاملة على هذا السؤال . وإن الحالات التي أسلفنا دراستها هي حالات مميزة ولكن يتعذر القول أنها تشكل قاعدة إرشادية . فقد يحدث أحيانا أن يثير شذوذ ما وعلى نحو واضح الشكوك في قواعد صريحة وأساسية للنموذج الإرشادى مثلما حدث بالنسبة لمشكلة سحب الأثير Ether Drag مع من سلموا بنظرية ماكسويل . أو مثلما حدث في الثورة الكوبرنيكية فإن حالة شذوذ غير ذات شأن أساسى ظاهر قد تثير أزمة إذا ما كانت التطبيقات التي تمنعها لها أهمية عملية خاصة ، وقد كانت في هذه الحالة تطبيقات التقويم الشمسي وعلم التنجيم . . . . . أو على نحو ما حدث في كيمياء القرن الثامن عشر فإن تطور العلم القياسى قد يحول شذوذا ما ، لم يكن في السابق سوى مصدر قلق ، إلى مصدر أزمة : فإن مشكلة علاقات الوزن أضحت لها مكانة مختلفة جدا بعد تطور تقنيات كيمياء الهواء المضغوط . ويمكن أن نفترض أنه لا تزال هناك وقائع يمكن أن تجعل من حالة الشذوذ عاملا ضاغطا متميزا ، ويتحد أكثرها بطبيعة الحال . وسبق أن لحظنا ، على سبيل المثال أن أحد مصادر الأزمة التي واجهت كوبرنيكوس هو مجرد طول الحقبة الزمنية التى قضاها علماء الفلك في صراع غير موفق من أجل حسم حالات التضارب المتخلفة عن نظام بطليموس .

وعندما يبدو شذوذ ما ، سواء لهذه الأسباب أم لأسباب أخرى مماثلة ، إنه أكثر من مجرد لغز آخر من ألغاز العلم القياسى ، يكون قد بدأ الانتقال إلى الأزمة وإلى علم

غير العلم المعتاد . إذ يصبح الشذوذ ذاته الآن موضوعا مسلما به من حيث هو كذلك على نحو أكثر عمومية بين أبناء التخصص . ويتزايد باطراد عدد الأعلام من الباحثين في هذا المجال الذين يولون المزيد من الاهتمام أكثر فأكثر لتلك الحالة . وإذا استعصت حالة الشذوذ على الحل ، واطردت مقاومتها ، وهو أمر نادر الحدوث عادة ، يشرع الكثيرون منهم في اعتبار مهمة حسمها الموضوع الأساسي في مبحثهم . ومن ثم تتغير نظرتهم إلى مجال بحثهم الذي لم يعد هو ذات المجال الذي كان عليه من قبل . ويرجع تغير صورته جزئيا إلى النقطة الجديدة التي يركزون عليها بحثهم العلمى وأضحت بؤرة الاهتمام وتدقيق النظر . ولكن هناك مصدرا آخر أهم يكون سببا في تغير نظرتهم ويتمثل في الطبيعة المغايرة للعديد من الحلول الجزئية وليدة الاهتمام المتضافر بالمشكلة . فالهجمات الأولى ضد المشكلة المستعصية التزمت في البداية التزاما دقيقا بقواعد النموذج الإرشادى ولكن مع اطراد المقاومة ، بدأت الهجمات ضدها تشتمل أكثر فأكثر على قدر ضئيل وربما لايكون ضئيلا جدا . من التعديل في صيغة النموذج الإرشادى وقد لا يتشابه تعديلان ، وإن حقق كل تعديل قدرا من النجاح . غير أن أيا من تلك التنقيحات ليست كافية بالقدر الذي يسمح لفريق الباحثين بقبولها كنموذج إرشادى . ومن خلال هذا التعدد والانتشار للتنقيحات المتباينة (ويزداد الاتجاه بإطراد نحو وصفها بالتعديلات المخصصة) ، تصبح قواعد العلم القياسى أكثر ضبابية ، وتفقد دقتها باطراد . ونلاحظ على الرغم من أن النموذج الإرشادى لا يزال قائما إلا أن قليلين من الباحثين الممارسين هم الذين يؤكدون اتفاقهم الشامل بشأن طبيعته . وإذا بالحلول السابقة بها في ذلك الحلول القياسية السابقة للمشكلات التي تيسر حسمها تصبح جميعها موضع شك وتساؤل .

وما أن تتفاقم حدة هذا الموقف حتى يسلم به أحيانا العلماء المعنيون . فقد اشتكى كوبرنيكوس من أن علماء الفلك في أيامه كانوا «متضاربين بشأن هذه البحوث «في علم الفلك » . . . . . حتى باتوا عاجزين عن تفسير أو ملاحظة الطول الثابت للسنة والفصول» . واستطرد قائلا : «إن مثلهم في هذا كمثل فنان انتقى لصورة من نماذج عديدة ومتباينة اليدين والقدمين والرأس وغير ذلك من الأطراف ،

كل منهـا مرسـومة في أصلهـا على أحسن ما يكـون الرسم حتى بلغت أقصى حـدود الروعة والجمال، ولكنهـا ليست جميعها أطراف جسد واحـد مترابط، ومن ثم فإن أيا منها لا يـلائم الآخر ولا يتسـق معه، فكانـت النتيجة أن خرج الـرسم الجديـد أشبه بصورة وحش مشوه وليس إنسانا[٥]. ولكن أينشتين الذي قيده الاستعمال الجارى، للغـة وفرض عليـه البعد عن زخـرف الكلام فقـد اكتفى بالقـول: «بدا الأمـر وكأن الأرض قد سحبت بعيدا من تحت قدمي الإنسان، فلم يعد يرى في أي مكان أساسا راسخا صالحا للبنـاء فوقه»[٦]. وكتب فولف جانج باولي، خـلال الشهور السابقة على نشر دراسة هايزبنرج عن ميكانيكا المصفوفات التي حددت معالم الطريق المؤدية إلى نظريـة الكم الجديدة، كتب في رسـالة إلى صديق لـه: «عادت الفيـزياء الآن إلى حالة التشوش الرهيب. وعلى أية حال فقد بات الأمر شديد القسوة على نفسى، وكم تمنيت لـو أننى كنت ممثلا كـوميديـا في السينما أو أي شيء آخر من هـذا القبيل، ولم أسمع أبدا عن الفيزياء». وهذه شهادة مثيرة ومـؤثرة حقا إذا ما قورنت بكلمات باولى التى قالها بعـد أقل من خمسة أشهـر: «إن نوع الميكـانيكا التى يقدمهـا هايـزنبرج قد منحتني ثـانية الأمل والبهجـة في الحيـاة. إنها يقينا لا تقـدم لنـا الحل الشافي للغـز، ولكنني أعتقد أنها قادرة على أن تواصل السير قدما من جديد»[٧].

وإذا كانت هـذه الاعترافات السـافرة بالانهيـار أمرا نـادر الحدوث، إلا أن نتائج الأزمة ليست وقفا بـالكامل على التسليم الواعي بها. وما الـذي يمكن أن نقوله عن ماهية هـذه النتائج؟ نتيجتان فقط من بينها تبدوان ذواتي طـابع كلي شامل. إذ تبدأ

(٥) الاقتبـاس من كـتاب. ب. س. كون «الثورة الكوبرنيكية» (كـامبريدج مـاساشوسيت ـ ١٩٥٧) ص ١٣٨.

(٦) البرت اينشتين: «على هامش السيرة الذاتية» من كتاب:
"Albert Einstein: Philosopher-Scientist", ed. P. A. Schilpp (Evanston, Ill., 1949), p. 45.

(٧) Ralph Kronig, "The Turning Point," in Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli, ed. M. Fierz and V. F. Weisskopf (New York, 1960), pp. 22, 25-26.
والجانب الأكبر من هذه الدراسة يصف أزمة ميكانيكـا الكم خلال السنوات السابقة مباشرة على عام ١٩٢٥.

جميع الأزمات بحالـة ضبابية تكتنف النموذج الإرشـادى مع ما يتبع ذلك من تفكك في قواعـد البحث القياسى . ونلحـظ في هذا الصدد أن البحث العلمـى خلال فترة الأزمة يشبـه كثيرا جدا البحث أثناء فترة مـا قبل النموذج الإرشادى إلا أنـه في الحالة الأولى يكون محل الاختـلاف أصغر حجما وأكثـر تحديدا . ومن نـاحية أخـرى تنتهى جميع الأزمـات بإحـدى السبل الثلاث التـاليـة . فقد يحدث أحيـانـا أن يثبت العلم القياسى في النهاية قدرته على معالجة المشكلة التى أثارت الأزمة على الرغم من اليأس الذي مني بـه الباحثون الذين رأوا في هـذه المشكلة خاتمة النموذج الإرشـادى القائم ولكن في حـالات أخـرى تستعصى المشكلـة على أسـاليب معـالجتهـا وتقـاوم حتى الأساليب التى تبدو في ظاهرها أساليب راديكالية جديدة . وهنا قد يخلص العلماء إلى أنـه لا أمل مستقبـلا في الـوصول إلى أي حل مـن خلال مجال بحثهم وهـو بحـالتـه الراهنة . فتحـدد سمات المشكلة ، وتطرح جانبا لجيل مقبل له أدواتـه الأكثر تطورا . أو ، قد تحدث الحالة التى تعنينا هنا أكثـر من غيرها ، وذلك بأن تنتهى الأزمة بإنبثاق مرشح جديد بديل عن النموذج الإرشادى ، ثم ما يتبع ذلك من معركة بشأن قبوله . وسوف نعـرض بالتفصيل في الفصـول التالية هـذا الأسلوب الأخير لإسـدال الستار وإعلان انتهـاء الأزمة . ولكن يتعين أن نعـرض سلفا طرفـا مما سـوف يقال استكمالا لملاحظاتنا بشأن تطور وتشريح حالة الأزمة .

وإن الانتقال من نموذج إرشادى في حالة أزمـة إلى نموذج إرشادى جديد يمكن أن ينبثق عنه تقليـد جديـد للعلم القياسى ، مسألة أبعـد ما تكـون عن وصفها بأنها عمليـة تراكميـة ، تتحقق عن طريـق تنقيح وإحكام النمـوذج الإرشادى القـديم أو توسيع نطـاقه . بل إنها على الأصح تجديد أو إعـادة بناء المجال فـوق قواعد أسـاسية جديدة ، وهو إعادة من شأنها أن تغير بعض القواعـد النظرية الأكثر أساسية لمجال البحث ، وكـذلك تجديـد الكثير من منـاهج وتطبيقـات النمـوذج الإرشـادى لهذا المجال . وسيكون هناك أثناء فترة الانتقال قدر كبير من التداخل ، تداخلا إن لم يكن كاملا فإنه هام ، بين المشكلات التى يمكن حلها بواسطة النموذج الإرشادى القديم والجديد معا . ولكن سيكون هناك أيضا فارق حاسم فى طرائق الحل . وعندما تكتمل

عمليـة الانتقـال، يكـون قـد غير أهل الاختصـاص نظـرتهم إلى مجال بحثهم وإلى مناهجـه وأهدافـه. وقد تفحـص مؤخـرا أحد المؤرخين ذوي البصيرة النـافذة حـالة كـلاسيكية لإعـادة تنظيم العلم وفقـا لمقتضيات الـوقـائع عن طريق تغيير النمـوذج الإرشادى، ووصـف هذه الـعملية بـأنها أشبه «بـالتقاط الطرف الآخـر للعصـا»، وأنها عملية تنطوى على «تنـاول نفس مجمـوعة المعطيـات الموجـودة قبـلا، ولـكن بعد وضعهـا في نسق جـديد من العـلاقات بين بعضها مـن خلال وضعهـا في إطار مغـايـر» [(٨)]. ولكن آخرين ممن لحظـوا هذا الجانب للتقدم العلمى أكـدوا تماثلة مع التغير في الـصورة الـبصريـة الكـلية (الجشطلتية): «فالعـلامات المـرسومة علـى الـورق التي بـدت أول الأمـر في صـورة طـائر نـراهـا الآن في صـورة ظبي أو العكس بـالعكس[(٩)]، غير أن هـذا التوازى قد يكون مضلـلا. فالعلماء لا يرون شيئا وكأنه شيء آخـر، وإنما هـم يـرونـه فقط ولا شيء غيره. لقـد سبق لنـا أن درسنـا بعض المشكلات النـاجمة عن القول أن بريستلى رأى الأكسجين وكأنه هـواء وقد تخلص من الفلوجستـون. علاوة على هـذا فإن الباحث العلمي ليس مثلـه كمثل المفحوص في تجارب الجشطلت الذي له حرية التراوح بين طريقة في الرؤية وبين أخرى. ومع هذا فإن تبـدل الصورة الكليـة «الجشطلتية» خـاصة وأنـه تبـدل مألوف لنـا اليوم، يعـد نموذجـا أوليا مفيـدا في المقارنة لـوصف ما يجرى عنـد حدوث تحول كـامل للنموذج الإرشادى.

قد تساعدنا التقـديرات السابقة على فهم الأزمة باعتبارهـا مدخلا ملائما لانبثاق نظريات جديدة خاصة بعد أن درسنا صورة مصغرة لذات العملية عند دراسة ظهور الاكتشافات. ونظـرا لأن انبثاق نظرية جديـدة يهدم تقليدا للبحث العلمى، ويقدم تقليدا جديدا يسترشد بقواعد مغايرة وفي إطار عالم استدلالى جديد، فإنه لهذا السبب وحده يكـون من المرجح أن تنبثق النظـرية الجديـدة عندمـا يسود شعور بـأن التقليد الأول قد ضل ضلالا بعيـدا. بيد أن هذه الملاحظة ليست أكثـر من مدخل لتحرى

(٨) Herbert Butterfield, “The Origins of Modern Science”, 1300-1800 (London, 1949), pp. 1-7.

(٩) هانسون ـ نفس المرجع ـ الفصل الأول.

حالة الأزمة، كما وأن المسائل التي تفضـي إليها تستلزم، لسوء الحظ، التحلى بكفاءة الباحث النفسي أكثر من التحلى بكفاءة المؤرخ. فما هي طبيعة البحث غير المألوف؟ وكيف نجعل الشذوذ متسقا مع القانون؟ وكيف يتصرف العلماء حين يبدأ وعيهم بأن شيئا ما انحرف انحرافا أساسيا عند مستوى لم يهيئهم تدريبهم لمعالجته؟ هذه الأسئلة كلهـا بحاجـة إلى بحث أكثر عمقـا، وحرى بألا يكـون البحث هنا كلـه تاريخيـا. وجدير بالملاحظـة أن حديثنا فيما يلي سيكون بالضرورة تقديـريا، ومن ثم فهو دون ما أسلفنا حسما واكتمالا.

غالبا ما ينبثق النموذج الإرشادى الجديد، أو يكون على الأقل في مرحلة جنينية، قبل أن تستفحل الأزمة وتتطـور تطورا كبيرا، أو قبل الاعتراف بها صراحـة. وأصدق مثال على ذلـك ما عملـه لافوازييـه. فقد أودع مـذكرتـه المختومـة لدى الأكـاديمية الفرنسية قبل مضى عـام على الدراسة الشاملة الأولى عن علاقـات الأوزان في نظرية الفلوجستون وقبل أن تكشف منشورات بريستلى عـن المدى الكامل للأزمة في كيمياء الهوائيـات المضغـوطـة. ومثال آخـر للتفسيرات الأولى التى فسر بها تـومـاس يـونج النظريـة الموجية للضـوء، إذ ظهرت في مـرحلة مبكـرة جدا من نشـوء الأزمة في علم البصريـات التى مـا كان يمكن مـلاحظتهـا لـولا أنها، بـدون مساعـدة من يـونج، تفاقمت وتحولت إلى فضيحة علمية دولية خلال عقد منذ تاريخ كتابته لأول مرة. ولا يسع المرء في مثل هـذه الحالات إلا أن يقـول إن مجرد حـالـة إخفـاق بسيطـة تصيب النمـوذج الإرشادى فضـلا عن البوادر الأولى لتشـوش وغموض قـواعده التي يقـوم عليها العلم القياسى كافية لكى تستحث الباحث على تلمس سبيل جديدة في مجال بحثـه يعـالج بها المسألة. ولابـد أن مـا يطـرأ من أحـداث فيما بين بدايـة الإحسـاس بالمشكلة وبين الاعتراف ببديل متاح إنما يجرى أساسا بطريقة لا شعورية.

ولكن في حالات أخـرى ـ مثل حالات كـوبرنيكـوس وأينشتين والنظرية النـووية المعـاصرة ـ يمضى وقت طـويل بين الـوعي بالفشـل لأول مرة وبين انبثـاق نمـوذج إرشـادى جديـد. وعنـدما تمضى الأمـور على هـذا النحو، فقـد يلتقط المؤرخ بضع تلميحات على الأقل تشير إلى طبيعة العلم غير المألوف. إذ ما أن يواجه العالم شذوذا أساسيا في النظرية ومعترفا به، حتى يعمد في الغالب إلى تركيز جهوده من أجل تمييزه

وفرزه بصورة أكثر دقة وتحديدا، وإعطائه بنيـة معينة. وعلى الرغم من أنه بات يدرك الآن أن قواعد العلم القيـاسى قد لا تكون صوابا تمامـا، إلا أنه سيدفع بها إلى أقصى حد ممكن أكثر مما سبق لكى يتبين تحديـدا، في نطاق تمركز المشكلة، أين وكيف وإلى أي مدى يمكن أن تثمر هـذه القواعد وتؤدي دورها؟ وسـوف يبحث في الوقت ذاته عن سبل تؤدى إلى تضخم الفشل وتجعله أكثر إثـارة وربما أيضا أكثر إيحاء بالمدلولات عما كان وقت اكتشافه في التجارب حين ظن أن نتيجـة ذلك معروفة مقدما. ونلحظ خلال هـذه الجهود الأخيرة، أكثر من أي فترة أخرى من فترات تطـور العلم فيما بعد النموذج الإرشادى، أنه بات قريب الشبه جدا من الصورة الشعبية السائدة بيننا عن البـاحث العلمى، . إنـه سيبـدو أولا، وفي الغالب، أشبـه بـرجل يبحث على نحـو عشوائى، يجري التجـارب فقط لكى يتبين ما عسـاه أن يحدث، باحثـا عن نتيجة لا يستطيع أن يخمن جيدا طبيعتهـا. وفي الوقت ذاته، وحيث أنـه من المستحيل تصور إجراء تجربـة بدون تـوفر نـوع ما من النظـرية، فإن رجل العلم الـذي يعيش في أزمة سوف يحاول في دأب ومثـابرة تصور نظـريات تأمليـة يمكن لها، إذا ما نجحت، أن تميط اللثـام عن الطـريق إلى نموذج إرشـادى جـديد، وإذا مـا فشلت أسقطهـا من حسابه في سهولة ويسر نسبيا لتفسح الطريق لغيرها.

وأن تقييم كيبلـر لصراعــه المديـد مع حـركـة كـوكـب المريخ ووصف بـريستلى لاستجابتـه إزاء انتشار غـازات جديدة يقـدمان لنـا مثالين كـلاسيكيين لنوع البحث الذي تغلب عليـه العشوائية إثـر إدراك الشذوذ (١٠). ولكن لعل خير الأمثلـة التوضيحيـة قاطبة هي الأمثلـة المستمدة من البحـوث المعاصرة عن نظريـة المجالات وعن الجسيمات الأساسية. فهل كان هناك مـا يبرر تلك الجهود الجبارة التى اقتضاها الكشف عن النيوترينو لو لم تكـن هناك أزمة جعلت من الضروري تبين مدى النطاق

---

(١٠) عن تقييم أعمال كيبلر بشأن المريخ انظر:

J. L. E. Dreyer, "A History of Astronomy from Thales to Kepler" (2d ed.; New York, 1953), pp. 380-93.

وأن الأخطاء المتكررة بين حين وآخر لا تحول دون الموجز الذي قدمه دريير وتوفير المادة اللازمة هنا وعن بريستلي انظر كتابه خاصة «تجارب ومشاهدات عن أنواع مختلفة من الهواء» (لندن، ١٧٧٤ ـ ١٧٧٥).

Experiments and ob-servations on Different Kinds of Air (London, 1774-75).

الـذي يصلح فيه تطبيق قـواعد العلم القيـاسى؟ أو هل كان بـالإمكان اختبـار، أو الإشارة إلى، الغـرض الراديكالي الخاص بعـدم بقاء التماثل لو لم تفشل قـواعد العلم القياسى فشلا ذريعا عند نقطة استحال الكشف عنها؟ إن هذه التجارب مثلها مثل الكثير من البحوث الأخرى في الفيـزياء خلال العقد الماضي، كـانت في جانب منها محاولات لبيـان مـوضع وتحديـد مصـدر طـائفـة من الحالات الشـاذة التى لا تـزال تتسع.

ويحدث غالبا، وليس دائما، أن يقترن هذا النوع من البحث غير المألوف بنوع آخر من البحـوث ويبدو لي أن هـذا يحدث بخـاصة في فترات الأزمـات المعترف بها والتي يتحـول فيها العلماء شطـر التحليل الفلسفي يلتمسـون فيـه وسيلة لكشف مغـاليق الألغاز التى تـواجههم في مجال بحثهم. ومن الطبيعي أن العلماء بوجه عام لم يكـونوا دائما بحاجة إلى أن يصبحـوا فلاسفة، ولم تراودهم الـرغبة دائما في ذلك. والحقيقة أن العلم القياسى يحتفظ بمسافةتحت متناول اليـد تفصل بينه وبين الفلسفة الإبداعية، ولعل ذلك لأسباب لها وجاهتها. إذ طالما أن نشاط البحوث العادية قادر على التقدم بـاطراد مستفيـدا من النموذج الإرشـادى كنموذج لـه، فسوف تنتفي الحاجـة إلى أن تكـون القواعـد والافتراضات صريحة سـافرة. وسبق أن أوضحنـا في الفصل الخامس أن المجموعـة الكاملة من القواعـد التى بحاجة إلى التحليل الفلسفي ليس وجـودها ضروريا ملـزما. ولكن ليس معنى هـذا أن البحث عن افتراضات (حتى ولـو كانت افتراضات غير موجودة) لا يمكن أن يكون وسيلـة فعالة لإضعاف قبضة التقليد على العقل والإيحاء بالأسس التى ينبنى عليها الجديد. وليس من قبيل المصادفة أن ظهور كل من فيـزيـاء نيـوتن في القـرن السابـع عشر، والنسبية وميكـانيكـا الكم في القـرن العشرين سبقـه واقترن بـه في الحالتين تحليل فلسفي أسـاسي لتراث البحث المعـاصر لكل منهما[١١]. بل وليس من قبيل المصادفة أيضا أن في كل من هاتين الفترتين كان لما يسمى تجارب الفكر أو العقل دور حاسم للغـاية في تقدم البحث. وكما أوضحت في موضع آخر، فإن التجريب القائم على الفكر التحليلي الذي يشكل الشطر الأعظم

(١١) عن هذا التحليل الفلسفي المصاحب والذي اقترن بميكانيكا القرن السابع عشر انظر:
René Dugas, "La Mécanique au XVII e Siècle" (Neuchatel, 1954).

وعن التحليل الفلسفي المماثل في القرن التاسع عشر انظر الكتاب السابق لنفس المؤلف.
"Histoire de lamécanique" (Neuchatel, 1950), pp. 419-43.

والغالب في كتابات جاليليو وأينشتين وبور وغيرهم إنما كـان أمرا محسوبا بدقة لعرض النموذج الإرشـادى القديم في ضـوء المعارف القـائمة وفق سبل تسمح بعـزل جذور الأزمة وتبينها في وضــوح لا ســبيل إليه داخل المعمل (١٢).

وأدت الاستعانة بهذه التدابير غير المألـوفة، مجزأة أو مكتملة، إلى احتمال حدوث شيء آخر مترتب عليها. إذ مع تركيز الانتباه العلمي على فئة محدودة من المشكلات، ومع تهيئة العقل العلمى للتسليم بحـالات الشذوذ التجريبى كما تبدو في ظـاهرها، غالبا ما تؤدى الأزمة إلى توالـد اكتشافات جديدة. وسبق أن أوضحنا كيف أن إدراك الأزمـة مـايز جهـود لافـوازييـه الخاصة بـالأكسجين عن جهـود بـريستلي. ولم يكن الأكسجين هو الغاز الوحيد الجديد الذي أدرك الكيميائيون الشذوذ بشأنه واستطاعوا اكتشافـه في أعمال بريستلى. وكـذلك الحال بالنسبة لـلاكتشافـات الجديدة في مجال البصريات، فقد تراكمت سريعا قبيل وأثناء ظهور النظرية الموجية عن الضوء. وثمة اكتشافات أخرى مثل الاستقطاب بفعل الانعكاس. جاءت نتيجة المصادفات التي يرجع حدوثهـا بفعل تركيز الجهود على مجموعة محدودة من المشكـلات. (إن مالوس الذي قـال بهذا الإكتشاف كـان قد شرع لتـوه في دراسة لنيل جـائزة الأكاديميـة عن موضــوع الانكسار المزدوج، وهـو موضــوع كان يعـرف الجميع آنذاك أن المعلـومات الخاصة به غير كافية). وثم اكتشافـات أخرى، مثل البقعة المضيئة وسط ظل قرص دائرى، لم تكن في البـدايـة سوى تنبـؤات مبنيـة على فروض جـديـدة، وقـد ساعـد نجاحها على تحولها إلى نموذج إرشادى لجهود بحثية تـالية. ولا تزال هناك اكتشافات أخرى، مثل ألوان الخدوش وألوان الألواح السميكة، كانت نتائج شاهدها الباحثون كثيرا وأشـــاروا إليهـــا بين حين وآخـــر قبل ذلك، ولكن شـأنها شأن الأكسجين مع بريستلى، جرى مماثلتها مع نتـائج ذائعة مما حال دون رؤيتها على حقيقتها (١٣).

(١٢) T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments," in Mélanges Alexandre Koyré, ed. R. Taton and I. B. Cohen, to be published by Hermann (Paris), 1963.

(١٣) عن الاكتشافات في مجال البصريات انظر:

V. Ronchi, "Histoire de la lumière" (Paris, 1956), chap. vii.

وعن التفسير الأول لإحدى هذه النتائج انظر:

J. Priestley, "The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours" (London, 1772), pp. 498-520.

ويمكن أن نقدم تفسيرا مماثلا لكثير من الاكتشافات التي اقترنت بظهور ميكانيكا الكم بصورة ثابتة منذ عام ١٨٩٥ .

ولا بد أن البحث غير المألوف له مظاهر ونتائج أخرى، بيد أننا في هذا النطاق نكاد نشرع في اكتشاف الأسئلة التي نحن بحاجة إلى أن نسألها. ولكن لعلنا لسنا بحاجة إلى المزيد في هذه النقطة. إذ قد تفى الملاحظات السابقة لبيان كيف أن الأزمة توهن في آن واحد من قبضة القوالب الجامدة وتوفر المعطيات التي تتزايد بإطراد، واللازمة لإحداث تحول أساسى في النموذج الإرشادى، ويحدث أحيانا أن البنية التى يسبقها البحث غير المألوف على الحالة الشاذة هي التى تنذر بالصورة التى سيكون عليها النموذج الإرشادى الجديد. وسبق أن كتب أينشتين أنه قبل أن يتوفر له أى بديل عن الميكانيكا الكلاسيكية، تأتّى له أن يدرك العلاقة المتداخلة بين حالات الشذوذ المعروفة عن إشعاع الجسم الأسود، والتأثير الكهرضوئي وضروب الحرارة النوعية(١٤). وفي الغالب الأعم لايدرك الباحثون هذه البنية بصورة واعية مقدما. بل على العكس من ذلك فإن النموذج الإرشادى الجديد، أو الماحة كافية لصياغته فيما بعد، تطفر فجأة دفعة واحدة، وسط عتمة الليل أحيانا، داخل ذهن رجل غارق إلى أذنيه في الأزمة. أما ما هي طبيعة تلك المرحلة الأخيرة ـ أي كيف يبتكر المرء (أو يجد نفسه قد ابتكر) وسيلة جديدة لإضفاء نظام على معطيات تجمعت كلها الآن فأمر لا بد أن يبقى مبهما، وقد يظل كذلك دائما أرجو أن نلحظ هنا الآن شيئا واحدا بشأنه. إن الناس الذين حققوا تلك الابتكارات الأساسية الخاصة بنموذج إرشادى جديد، كانوا دائما على وجه التقريب، إما شبابا حديثى السن، أو جددا تماما على المجال الذي غيروا نموذجه الإرشادى(١٥). ولعل هذه النقطة لم تكن بحاجة إلى

---

(١٤) اينشتين ـ المرجع السابق.

(١٥) هذا التعميم عن دور الشباب في البحث العلمي الأساسي أمر شائع جدا حتى ليكاد يكون فكرة متداولة. زيادة على هذا فإننا إذا ألقينا نظرة خاطفة على أي قائمة بالإسهامات الأساسية في مجال النظرية العلمية سنخرج بانطباع يؤكد ذلك الرأي. ولكن مع هذا فإن التعميم بحاجة ماسة إلى بحث نسقي. ويزودنا هارفي ك. لهمان في كتابه «العمر والإنجاز ـ برنستون ١٩٥٣ HarveyC.Lehman Age and Achievement Princeton, 1953 بمعطيات كثيرة مفيدة، غير أن دراساته لا تشتمل على أي محاولة لغرز الاسهامات التي تنطوي على فهم جديد أساسي أو إعادة الصياغة الذهنية الأساسية بصورة جديدة. كما وأنها لا تحاول تقصي الظروف الخاصة، إن وجدت، التي قد تكون صاحبت الإنتاجية المتأخرة نسبيا في العلوم.

عرضها سافرة، إذ من الواضح أن هؤلاء الرجال بحكم ممارساتهم وأبحائهم السابقة، لم يخضعوا بعد تماما لقبضة القواعد التقليدية للعلم القياسى، ولهذا أصبحوا هم المهيأين بخاصة لإدراك أن تلك القواعد لم تعد كافية لتحديد لعبة صالحة للعب، وبالتالي الأقدر على تصور مجموعة قواعد أخرى يمكن أن تحل محل السابقة.

والانتقال بناء على هذا إلى نموذج إرشادى جديد هو ثورة علمية، وهو موضوع أفضنا في التمهيد له لنكون مهَّيئين أخيرا للدخول فيه مباشرة. ولكن لنلاحظ أولا، نقطة أخيرة تبدو مراوغة في ظاهرها مهدت لها معطيات الفصول الثلاثة الأخيرة. فحتى الفصل السادس، حيث استخدمنا مفهوم حالة الشذوذ لأول مرة كان مصطلحا «الثورة» و«العلم غير المألوف» يبدوان متكافئين. ولكن الشيء الأهم أن أيا من المصطلحين لم يعن في ظاهرة أكثر من «علم غير قياسى»، وهو نوع من الدورانية سوف يضيق به بعض القراء على الأقل. ونحن على وشك أن نكتشف أن دورانا فكريا مشابها يميز النظريات العلمية. ولكن سواء أكان هذا الدوران مثيرا للضيق أم لا، فإنه لم يعد شيئا مطلقا. والجدير بالذكر أن هذا الفصل من الدراسة والفصلين السابقين قد أوضحا عديدا من المعايير لإخفاق النشاط العلمي القياسى، وهي معايير لا تتوقف أبدا على ما إذا كان الإخفاق تتبعه ثورة أم لا. فالعلماء إذا واجهتهم حالة شذوذ أو أزمة يتخذون موقفا مغايرا تجاه النماذج الإرشادية القائمة، وتتغير طبيعة أبحاثهم وفقا لذلك. وتكثر الصياغات البديلة المنافسة للنموذج الإرشادى، والرغبة في محاولة عمل أي شيء، والإعراب صراحة عن حالة الاستياء، واللجوء إلى الفلسفة والجدل بشأن الأسباب النظرية، كل هذه أعراض حالة الانتقال من البحث القياسى إلى البحث الاستثنائي أو غير المألوف. ويتوقف مفهوم العلم القياسى على وجودها جميعا أكثر مما يتوقف على وجود الثورة.



الفصل التاسع
الثـورات الـعلمية
طبيعتها وضرورتها

تلك الملاحظات تسمح لنا أخيرا بالنظر في المشكلـة التي اتخذنا من اسمها عنوانا لهذه الدراسة. مـاهي الثورات العلمية؟ وماهي وظيفتهـا في التطور العلمي؟ القسط الأكبر من الإجابة على هذا السؤال سبق أن تضمنته الفصول الأولى. ونخص بالذكر أن الفصول السابقة أشارت إلى أن الثورات العلميـة مقصود بها هنا سلسلة الأحداث التطوريـة غير التراكمية، التي يبـدل فيها نمـوذج إرشادي قـديم، كليا أو جـزئيا، بنموذج إرشادي جديد متعارض معه. ولكن الدراسة لم تستنفد أغراضها بذلك. بل هناك الكثير مما يمكن قوله، ولعل الجانب الهام منه يمكن أن نقدمه من خلال طرح سؤال إضافي: لماذا نسمي التغير في النموذج الإرشـادي ثورة؟ وإزاء الفوارق الواسعة والجوهرية بين التطور السياسي وبين التطـور العلمي ماهي أوجه التوازي التي يمكن أن تبرر استخدام ذات الاستعارة التشبيهية الدالة على الثورة في كل منهما؟

أحسب أن أحد أوجه هـذا التوازي أضحى ظاهرا. فالثورات السيـاسية تبدأ مع تصاعد الإحسـاس الذي يكون في الغالب قـاصرا على قطاع من المجتمع السياسي، بأن المؤسسات القديمة لم تعد تفي على نحو ملائم بحل المشكلات التي تفرضها بيئة كانت تلك المؤسسات طرفا في خلقها. وبنفس الطريقة إلى حد كبير تستهل الثورات العلمية بتزايـد الإحساس، ونقول ثانية إنـه غالبا مايكـون قاصرا على فئة محدودة من المجتمع العلمي، بأن أحد النماذج الإرشـادية القائمة قـد كف عن أداء دوره بصورة كافيـة في مجال اكتشاف جـانب من الطبيعـة سبق أن وجه البحـوث الخاصة بـه هذا النموذج الإرشـادي ذاته. ونـلاحظ في كل من التطور السيـاسي والتطور العلمي أن

الإحساس بسوء الأداء الذي يمكن أن يفضي إلى أزمة يعد شرطا مسبقا للثورة. علاوة على هـذا فإن ذلك التـوازي لا يصـدق فقط على التحـولات الأساسيـة في النمـوذج الإرشادي، مثل تلك التحولات المنسـوبة إلى كوبرنيكوس أو لافـوازييه، بل تصدق أيضاً على أبسط التغيرات المقترنة باستيعاب ظـاهرة من نوع جديد مثل الأكسجين أو الأشعة السينيـة. وكما لاحظنا في ختـام الفصل الخامس فإن الثورات العلميـة قد لا تبدو ثـورية بالضرورة إلا في نظر أولئك الـذين تأثرت نماذجهم الإرشاديـة بها. إذ قد تبـدو الثـــورات في نظـر المراقبين من الخارج مثـل ثـورات البلقـان في مطلـع القـرن العشرين، مـراحل عـاديـة للعمليـة التطـوريـة مثـال ذلك أن علماء الفلك لم يجدوا غضـاضة في التسليم بـالأشعة السينيـة باعتبـارها مجرد إضـافة لمعـارفهم، ذلك لأن نماذجهم الإرشادية لم تتأثـر بالاعتراف بوجود الإشعاع الجديد. ولكن بـالنسبة لرجال من أمثال كلفن وكروكسي ورونتجن ممن ارتبطت بحوثهم بنظرية الإشعاع أو بأنابيب الأشعة المهبطية فإن ظهور الأشعة السينية كان خرقا لنموذج إرشادي قائم، وابتداعا لنموذج إرشـادي آخر في ذات الوقت. وهـذا هو السبب في أن هـذه الأشعة لم يكن بالإمكـان اكتشافها إلا من خـلال وقوع خطأ ما أو مـواجهة مشكلة مـا أول الأمر في مسيرة البحوث العادية.

ويبدو لي أن هـذا الجانب من التناظـر بين التطور السيـاسي والتطور العلمي من حيث نشـوء تكوين كل منهما بـات واضحا تمامـا ولا يحتاج إلى مـزيد. غير أن هـذه المقـارنة لها جـانب آخـر أكثـر عمقاً تتـوقف عليـه أهميـة الجانب الأول. فالثـورات السياسيـة تهدف إلى تغيير المؤسسات السيـاسية بأسـاليب تحظـرها هـذه المؤسسات ذاتها. لذا فإن نجـاح الثورة يستلـزم التخلي جزئيـا عن مجموعة مـن تلك المؤسسات السياسية لصالـح أخرى، وفي هذه الأثناء لا يكون المجتمع محكوما تمامـا وبالكامل بأي مجموعة من المؤسسـات على الإطلاق. ونلحظ في البداية أن الأزمـة وحدها هي التي توهن دور المؤسسـات السياسية كما سبق أن رأينـا كيف وأنها توهن دور النماذج الإرشادية. ومع تزايد عدد أصحاب المصلحـة في التغيير يتزايد شعور الأفراد بالغربة يوما بعد يـوم عن الحياة السياسية، ويزداد سلوكهم في هذه الحياة انحـرافا باطراد عن

المركز. ثم بعد أن تستفحل الأزمة وتتفاقم ينحو الكثيرون من هؤلاء الأفراد إلى الالتزام ببعض المقترحات المحددة، أي الالتزام بمشروع محدد لتجديد المجتمع في إطار جديد من المؤسسات. وهنا ينقسم المجتمع إلى معسكرات أو إلى أطراف متنازعة، أحدها يلتمس الدفاع عن مجموع المؤسسات القديمة البالية. بينما يلتمس الآخرون إقامة مؤسسات جديدة. وما أن يحدث هذا الاستقطاب حتى يفشل الأسلوب السياسي في أن يكون هو الملاذ. إذ نظراً لأنهم مختلفون بشأن القواعد أو النموذج الأصلي للمؤسسات الذي ينبغي أن يتم في إطاره التحول السياسي وتقييم هذا التحول، ونظرا لأنهم لا يقرون بوجود إطار أسمى وأرفع قيمة من المؤسسات يمكن الاحتكام إليه بشأن الاختلاف الثوري، هنا يصبح لزاما على أطراف النزاع الثوري أن يلجأوا إلى أساليب وتقنيات تحريض وإقناع الجماهير وهذه تتضمن في الغالب استخدام القوة. وعلى الرغم من أن للثورات دورا حيويا في تطور المؤسسات السياسية إلا أن هذا الدور رهن بكونها جزئيا أحداثا من خارج نطاق السياسة أو من خارج نطاق المؤسسات.

ويهدف الجزء الباقي من هذه الدراسة إلى بيان أن الدراسة التاريخية عن تحول النموذج الإرشادي تكشف عن خصائص متماثلة جدا على مدى تطور العلوم. إن الاختيار بين نماذج إرشادية متنافسة، مثله مثل الاختيار بين مؤسسات سياسية متنافسة، يؤكد أنه اختيار بين أنماط متعارضة للحياة الاجتماعية. ونظرا لأن الاختيار له هذا الطابع فإنه لا يتحدد، ولا يمكن أن يتحدد، فقط على أساس تدابير تقييمية وهي الخاصية المميزة للعلم القياسي. ذلك لأن هذه التدابير تعتمد جزئيا على نموذج إرشادي محدد، فضلا عن أن هذا النموذج هو موضوع الخلاف. وعندما تتمركز النماذج الإرشادية، وهو مايحدث بالضرورة، في جدال حول اختيار النموذج الإرشادي، يصبح دورها في المحاجَّة دورانيا. إذ أن كل فريق يستخدم نموذجه الإرشادي ليجادل به دفاعا عنه.

وطبيعي أن هذا الاستدلال الدوراني الناتج عن ذلك ليس من شأنه أن يجعل الحجج خاطئة أو حتى عقيمة غير فعالة. فإن من يسلم مقدما بنموذج إرشادي وهو

يجادل دفاعا عنه يمكنه على الرغم من ذلك أن يقدم عرضا واضحا لما ستكون عليه الممارسة العلمية بالنسبة لأولئك الذين يتبنون بالنظرة الجديدة عن الطبيعة. ويمكن أن يكون هذا العرض مقنعا للغاية، وغالبا ما يجبر المرء على ذلك. ولكن أياً كانت قوةالحجة الدورانية فإنهابحكم طبيعتها لا يمكن إلا أن تكون حجة مقنعة. أما بالنسبة لأولئك الذين يرفضون دخول الدائرة فإنها لن تجبرهم على الاقتناع لا على المستوى المنطقي ولا حتى على مستوى الاحتمالات. وحين يتعلق الأمر بالجدال بشأن النماذج الإرشادية فإن المقدمات المنطقية والقيم المشتركة بين طرفي الحوار لا تكفي للوصول إلى نتيجة في هذا الشأن. فكما هو الحال في الثورات السياسية، كذلك بالنسبة للاختيار بين النماذج الإرشادية ــ حيث لا يوجد معيار أسمى من موافقة المجتمع المختص، فهو السلطة الأعلى التي تحسم الاختيار. وحتى نتبين كيف تؤثر الثورات العلمية، نجد لزاما علينا ألا نقصر دراستنا على أثر وفعالية الحجج المستمدة من الطبيعة والمنطق وحدهما بل ينبغي أن تشمل أيضا تقنيات المحاجة المقنعة لما لها من دور مؤثر فعال داخل الجماعات المتخصصة التي يتألف منها مجتمع العلماء.

وإذا شئنا أن نكتشف لماذا هذه المسألة المتعلقة باختيار النموذج الإرشادي لا يمكن حسمها حسما واضحا ومطلقا عن طريق المنطق والتجربة وحدهما، يتعين علينا أن ندرس بإيجاز طبيعة الفوارق التي تمايز بين أنصار نموذج إرشادي تقليدي وبين خلفائهم الثوريين. وهذه الدراسة هي الهدف الرئيسي من هذا الفصل، والفصل الذي يليه. بيد أننا أشرنا فيما سبق إلى أمثلة عديدة من هذه الفوارق، وليس من شك في أن التاريخ يمكن أن يزودنا بكثير غيرها. إلا أن الشيء الذي يمكن أن يثير شكا يفوق الشك في وجودها ــ ومن ثم يتعين النظر فيه أولا ـ وهو بيان ما إذا كانت هذه الأمثلة توفر لنا معلومات جوهرية عن طبيعة العلم. فإذا سلمنا بأن رفض النموذج الإرشادي كان واقعا تاريخيا، فهل يكشف لنا هذا الرفض عن شيء آخر أكثر من السذاجة والخلط الإنسانيين؟ وهل هناك أسباب أصيلة توضح السبب في أن استيعاب ظاهرة من نوع جديد أو نظرية علمية جديدة يستلزم بالضرورة نبذ نموذج إرشادي أقدم؟

الملاحظة الأولى أنه إذا كانت هناك أسباب كهذه، فإنها ليست مستمدة من البنية المنطقية المعرفة العلمية. ونعرف من حيث المبدأ أن ظاهرة جديدة يمكن أن تظهر دون أن تؤثر تأثيراً هداماً على أي قطاع من قطاعات الممارسة العلمية السابقة عليها. إذ على الرغم من أن اكتشاف حياة على سطح القمر قد يكون اليوم حدثاً هداما للنماذج الإرشادية القائمة ويقلبها رأساً على عقب (إذ أن هذه النماذج تحدثنا بأشياء عن القمر تبدو مناقضة لفكرة وجود حياة هناك)، إلا أن اكتشاف حياة على ظهر بعض كواكب المجرة التي نعرف عنها معلومات أقل كثيرا من معلوماتنا عن القمر لن يكون له نفس النتيجة. وقياسا على ذلك فإن ظهور نظرية جديدة لا يستلزم بالضرورة أن تدخل في صراع مع أي نظرية أخرى سابقة عليها. إذ قد تكون قاصرة فقط على معالجة ظواهر غير معروفة من قبل، مثلما تعالج نظرية الكم (وإن تكن لا تقتصر على ذلك بخاصة) للظواهر دون الذرية التي لم تكن معروفة قبل القرن العشرين. أو قد تكون النظرية الجديدة مجرد نظرية أرقى مستوى من تلك النظريات المعروفة لنا قبل ذلك، وإنها تربط في رباط واحد مجموعة كاملة من النظريات الأدنى مستوى دون أن تغير موضوعيا أياً منها. مثال ذلك نظرية بقاء الطاقة التي تقدم اليوم هذا النوع من الرابطة بين الديناميكا والكيمياء والكهرباء والبصريات والنظرية الحرارية وغيرها. ولا تزال هناك علاقات أخرى متساوقة يمكن تصورها تربط بين النظريات القديمة والجديدة. ويمكن أن نتخذ أياً منها، أو جميعها، مثالا للعملية التاريخية التي تطور خلالها العلم. وإذا كان ذلك كذلك فإن التطور العلمي سيكون تراكميا في جوهره. وثمة أنواع جديدة من الظواهر ستكشف عن نظام في جانب من جوانب الطبيعة لم يسبق أن تبينه أحد من قبل. ففي سياق تطور العلم تحل المعرفة الجديدة محل الجهل أكثر مما تحل محل معرفة من نوع آخر مغاير ومناقض.

وطبيعي أن العلم (أو أي مشروع آخر من نفس النوع ولكنه أقل فعالية) كان يمكن له أن يتطور وفق هذه الطريقة التراكمية تماما. وقد اعتقد كثيرون أنه تطور فعلا على هذا النحو. ولاتزال الغالبية على ما يبدو يفترضون أن التراكم هو على أقل تقدير المثل الأعلى الذي يمكن أن يكشف عنه التطور التاريخي لو لم تفسده في

الغالب الأعم الخاصية المزاجية للبشرية. وثمة أسباب هامة لهذا الاعتقاد. وسوف يبين لنا في الفصل العاشر كيف أن فكرة العلم كتطور تراكمي متداخلة جدا مع النظرية السائدة في المعرفة التي ترى أن المعرفة معنى أو بناء ذهني يضفيه العقل مباشرة على المعطيات الحسية الخام. وسوف نعرض في الفصل الحادي عشر كيف أن هذا المخطط التاريخي تؤثره وتدعمه بقوة تقنيات التربية المعمول بها في مجال تدريس العلوم. ومع هذا وعلى الرغم من المعقولية الكبيرة التي يبدو فيها هذا المثل الأعلى، إلا أن ثمة سببا يدعونا بصورة متزايدة إلى التساؤل عما إذا كان هذا يمكن أن يكون صورة العلم. فبعد ظهور أول نموذج إرشادي، اقتضى استيعاب جميع النظريات الجديدة، وتمثل جل الأنواع الجديدة من الظواهر، التخلي عن نموذج إرشادي سابق وما يترتب على ذلك من صراع بين مدارس الفكر العلمي المتنافسة. وقد تكشف لنا أن التحصيل التراكمي لإبداعات غير مقدرة سلفا يكاد يكون استثناء لا وجود له في ضوء قاعدة التطور العلمي. وأن كل من يراقب الواقع التاريخي مراقبة جادة لابد أن يراوده الشك بأن العلم ينحو نحو المثل الأعلى الذي أوحت به صورتنا عن تطوره التراكمي. ومن هنا نقول ربما كان ذلك مشروعا من نوع آخر.

ومع ذلك إذا استطاعت، أن تحملنا الوقائع المناقضة بعيدا إلى هذا المدى، إذن فإن نظرة ثانية إلى الأفكار التي سبق أن عرضناها يمكن أن توحي بأن الاكتساب التراكمي للإبداعات ليس نادرا فقط في واقع الأمر بل وغير مرجح من حيث المبدأ. إن البحث العادي، وهو بحث تراكمي، مدين بنجاحه لقدرة العلماء على الاختيار المنتظم للمشكلات التي يمكن حلها اعتمادا على التقنيات الذهنية والأداتية الوثيقة الصلة بالتقنيات المعروفة لديهم بالفعل. (وهذا هو السبب في أن الاهتمام بالتصدي، مهما كان الثمن، للمشكلات ذات النفع، بغض النظر عن علاقتها بالمعارف والتقنيات القائمة، يمكن في سهولة ويسر أن يعوق التقدم العلمي). إن رجل العلم الذي يكابد في سبيل حل مشكلة تحددت في ضوء المعارف والتقنيات القائمة ليس، على الرغم من ذلك، بالباحث الذي يتلفت حوله عشوائيا تقوده المصادفة. إنه يعرف مايريد أن يحققه، ويصمم أدوات بحثه، ويوجه أفكاره وفق مشيئته المحددة.

أما الجدة غير المقدرة سلفا، أي الاكتشاف الجديد، فلا ينبثق إلا على المدى الذي يثبت عنده أن تقديراته المسبقة عن الطبيعة وعن أدواته تقديرات خاطئة. وغالبا مايكون الاكتشاف الناتج متناسبا مع مدى وعناد حالة الشذوذ التي أذنت به. واضح إذن أنه لابد من قيام صراع بين النموذج الإرشادي الذي يكشف عن وجود حالة شذوذ وبين النموذج الإرشادي الذي يرد حالة الشذوذ إلى حالة متسقة مع القانون. وأن أمثلة الاكتشافات المقترنة بهدم النموذج الإرشادي، وهي الأمثلة التي تناولناها في الفصل السادس لم تكن مجرد أحداث تاريخية عرضية. وليس ثمة طريقة أخرى فعالة يمكن أن تنشأ عنها الاكتشافات.

وتصدق الحجة نفسها، وربما بوضوح أكثر، على ابتكار النظريات الجديدة. فليس هناك من حيث المبدأ سوى ثلاثة أنماط من الظواهر التي يمكن وضع نظرية جديدة عنها. يتألف النمط الأول من ظواهر تم شرحها في ضوء النماذج الإرشادية القائمة، ونادرا ما تهيىء هذه دافعا أو نقطة انطلاق في سبيل بناء نظرية. وحين تفعل هذا، على نحو ماحدث بالنسبة للتقديرات الثلاثة المسبقة الشهيرة التي عرضنا لها في ختام الفصل السابع، فإن النظريات الناتجة عن ذلك نادرا ما تكون مقبولة نظراً لأن الطبيعة لا تعطي أي معيار كأساس للتمايز. ويتألف النمط الثاني من الظواهر التي توضح طبيعتها النماذج الإرشادية القائمة ولكن لا سبيل إلى فهم تفاصيلها إلا من خلال المزيد من أحكام صياغة النظرية. وهذه هي الظواهر التي ينذر العلماء جل وقتهم لبحثها، وتشكل(ميدان البحث الأثير لديهم)، وهذه البحوث تستهدف إحكام صياغة النماذج الإرشادية أكثر مما تعنى بابتكار نماذج إرشادية جديدة. ولكن فقط حين تخفق هذه المحاولات في إحكام الصياغة، هنا يواجه العلماء النمط الثالث من الظواهر، أي حالات الشذوذ المعروفة التي تتميز بخاصية واضحة محددة هي رفضها العنيد لأن تستوعبها النماذج الإرشادية القائمة. وهذا النمط وحده هو الذي تنبثق عنه نظريات جديدة. فالنماذج الإرشادية تهيىء لجميع الظواهر فيما عدا الشاذ منها، موضعا تحدده النظرية لها في مجال رؤية الإنسان للعالم حوله.

ولكن هب أنه قد استحدثت نظريات جديدة لحل مظاهر الشذوذ الماثلة في

العلاقة بين إحدى النظريات القائمة وبين الطبيعة، هنا يتعين على النظرية الجديدة والأكفاء من سواها أن تهيىء بشكل ما إمكانية تنبؤات مختلفة عن تلك التنبؤات المستمدة من سابقتها. ولكن هذا الفارق لا يظهر إذا ما كانت النظريتان متسقتين منطقيا. إذ لابد وأن تحل الثانية محل الأولى على مدى عملية الاستيعاب. بل إن نظرية مثل نظرية بقاء الطاقة التي تبدو اليوم بناء فوقيا منطقيا يرتبط بالطبيعة فقط من خلال نظريات ثبتت وتأكدت بصورة مستقلة، تلك النظرية لم تنشأ تاريخيا بغير الإطاحة بنموذج إرشادي. لقد نشأت عن أزمة كان أحد مقوماتها الأساسية ذلك التناقض بين ديناميكا نيوتن وبين بعض النتائج التي صيغت حديثا آنذاك لنظرية السيال الحراري. ولكن لم يتسن لنظرية بقاء الطاقة أن تصبح جزءا من العام إلا بعد رفض نظرية السيال الحراري[1]. ولم يتأت لها كذلك أن تبدو كنظرية من نمط منطقي أرقى، أو نظرية ليست في صراع مع سابقاتها، إلا فقط بعد أن أصبحت جزءا من العلم لفترة من الزمن. وكم هو عسير أن نتبين كيف يمكن للنظريات الجديدة أن تظهر دون حدوث هذه التحولات الهدامة في المعتقدات القائمة عن الطبيعة. إذ على الرغم من إمكانية تصور قيام علاقة اشتمال على المستوى المنطقي بين نظريتين عاميتين متعاقبتين، إلا أن هذه العلاقة بعيدة الاحتمال على المستوى التاريخي.

ومنذ قرن مضى ربما كان ممكنا، فيما أظن، إيقاف البحث في ضرورة الثورات عند هذا الحد. ولكن من أسف أن هذا ليس ممكنا اليوم نظراً لأن الرأي الذي أعرضه هنا ويمثل وجهة نظري لا سبيل إلى الدفاع عنه في ظل المفاهيم الذائعة والتفسيرات السائدة اليوم عن الطبيعة وعن دور النظرية العلمية. فهذه التفسيرات، التي ترتبط ارتباطا وثيقاً بالوضعية المنطقية في صورتها الأولى التي لم يرفضها خلفاؤها رفضاً قاطعا، سوف تقيد مدى ومعنى كل نظرية مقبولة بحيث تتعذر إمكانية دخولها في صراع مع أي نظرية تالية تتناول نفس الظواهر الطبيعية وتقدم تنبؤات عنها. وإن أشهر وأوضح مثل لهذا التصور الذهني المقيد والمحدود للنظرية العلمية يظهر في

(١) Silvanus P. Thompson, "Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs" (London, 1910), I, 266-81.

المناقشات الخاصة بالعلاقة بين ديناميكا أينشتين المعاصرة وبين المعادلات الديناميكية الأقدم المستخلصة من كتاب نيوتن أسس الرياضيات «البرنكيبيا». وحسب وجهة نظرنا التي نعرضها في هذا الكتاب فإن هاتين النظريتين متناقضتان من حيث الأساس بالمعنى الذي أوضحناه عند الحديث عن علاقة فلك كوبرنيكوس بفلك بطليموس: فنظرية أينشتين لا يمكن قبولها إلا مع التسليم بأن نيوتن كان على خطأ. ولكن هذا الرأي لا يمثل اليوم سوى رأي الأقلية[٢]. ولهذا يتعين علينا أن نتناول بالدراسة أكثر الاعتراضات عليها شيوعا.

ويمكن إيجاز لب هذه الاعتراضات على النحو التالي. ما كان بوسع الديناميكا النسبية أن تثبت أن ديناميكا نيوتن خاطئة طالما لا يزال أكثر المهندسين يستخدمون ديناميكا نيوتن بنجاح كبير، كما يستعملها كثيرون من علماء الفيزياء في عدد من الاستخدامات المختارة. علاوة على هذا، فإن بالإمكان إثبات ملاءمة وصلاحية استعمال النظرية الأقدم من خلال النظرية البديلة ذاتها التي حلت محلها. ويمكن استخدام نظرية أينشتين لبيان أن التنبؤات القائمة على أساس معادلات نيوتن ستكون صالحة مثلها مثل أدوات القياس التي نستخدمها في جميع التطبيقات التي تفي بعدد قليل من الشروط المقيدة. مثال ذلك أن نظرية نيوتن إذا كان لها أن تهيىء حلاً تقريبيا جيدا فإن السرعات النسبية للأجسام موضوع الدراسة لابد وأن تكون صغيرة بالمقارنة بسرعة الضوء. والتزاما بهذا الشرط، وبعدد قليل آخر من الشروط تبدو نظرية نيوتن وكأن بالإمكان اشتقاقها من نظرية أينشتين وأنها لذلك حالة خاصة منها.

ويستطرد المعارضون في معارضتهم فيقولون إنه، لا يمكن لأي نظرية أن تدخل في صراع مع إحدى حالاتها الخاصة. إذ لو بدا أن مفاهيم أينشتين تثبت خطأ ديناميكا نيوتن، فسبب ذلك فقط أن بعض أتباع نيوتن كانوا قليلي الحذر في دعواهم أن نظرية نيوتن حققت نتائج دقيقة دقة مطلقة، أو أنها كانت صحيحة بالنسبة للسرعات النسبية العالية جدا. وحيث أنه لم يكن لديهم البرهان الذي يبنون عليه

(٢) انظر على سبيل المثال ملاحظات فيينرفي: P.P. Wienner in "Philosophy of Science", XXV (1958), 298.

دعواهم فقد خانـوا معايير العلم عندما صرحوا بها. وأن نظريـة نيوتن تظل صحيحة بقدر مـا كانت دائما نظريـة علمية صادقـة يدعمها دليل صحيح. ولكن الـدعاوى المبالغ فيها فقط عن النظـرية ـ وهي دعاوى مجافيـة للعلم على طول المدى ـ هى التي كشف أينشتين أنها خطأ. ومن ثم فإن نظـريـة نيـوتن بعد أن تمت تنقيتهـا من هـذه المبالغات، وهي مبـالغات إنسانية خـالصة، لم يعد هناك مـا يتحداها ولا يمكن أن يكون.

ولا ريب في أن مثل هذا النهج في المحـاجة كاف تماما لكي يجعل من أي نظـرية يستخدمها فريق هام من العلماء الأكفاء نظرية منيعة ضد أي هجوم. مثال ذلك أن نظرية الفلوجستون بكل مـا انطوت عليه من أضرار أسهمت في تنظيم عدد كبير من الظـواهـر الفيـزيـائيـة والكيميائيـة. فقـد فسرت لماذا تحترق الأجسـام ــ لأنها غنيـة بـالفلوجستـون ــ ولماذا تحتوي المعـادن على خـاصيات كثيرة تفـوق مـا تحتوي عليـه خـامـاتها. ذلك أن المعـادن تتركب جميعهـا من أتــربـة أوليـة مختلفــة متحـدة مع الفلـوجستون بينما خـامـاتها، وهي شيء مشترك بين جميع المعـادن، فلها خصـائص مشتركة. وفسرت نظرية الفلوجستون عدداً من التفاعلات التي تتكون خلالها أحماض بفعل احتراق مـواد مثل الكـربـون والكبريت. وفسرت أيضـا نقص الحجم عنـدمـا يحدث الاحتراق داخل حيـز مغلق من الهواء ــ ذلك أن الفلـوجستـون المنطلق بفعل الاحتراق «يفسد» مرونـة الهواء الذي امتصه، تماما مثلما «تفسد» النار مـرونة النابض المصنـوع من الفــولاذ [٣]. ولـو افترضنا أن هـذه هي الظواهـر الوحيـدة التي زعم أصحاب نظـرية الفلوجستـون أن نظريتهم تفسرهـا إذن لما كان بالإمكـان أبدا تحدي النظريـة. وأن أي أسلوب مماثل في المحـاجة قد يكفـي للدفاع عن أي نظـرية أمكن تطبيقها بنجاح على أي مجموعة من الظواهر.

---

(٣) James B Conant, "Overthrow of the Phlogiston Theory" (Cambridge, 1950), pp. 13-16; and J. R. Partington, "A Short History of Chemistry" (2nd ed.; London. (1951), pp. 85-88.

وإن أكمل عرض لإنجـازات نظرية الفلـوجستون وأكثرهـا تعاطفا معهـا هو ما كتبـه مستجر في كتابه :

H. Metezger, (Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique (Paris, 1930), Part II.

ولكن الحفاظ على النظريات وإنقاذها بهذه الطريقة يستلزم حصر تطبيقها في نطاق تلك الظواهر بذاتها، والتزامها بدقة المشاهدة وهي شروط اليقين التجريبي الميسورة بين يدي الباحثين(٤). وإذا انتقلنا خطوة أبعد من ذلك (وهي خطوة نادراً ما يمكن تجنبها بعد أن نكون قد خطونا الخطوة الأولى) فإن هذا التقييد يحرم على الباحث العلمي الادعاء بأنه يتحدث «علمياً» عن أي ظاهرة لم تشاهد بعد. بل إن التقييد بصورته الحالية يمنع العالم من الركون إلى نظرية في بحوثه المتخصصة متى دخل البحث مجالا أو التمس درجة من الدقة ليس لهما سابقة في الممارسة التطبيقية النظرية في الماضي. وأن حالات التحريم هذه ليست منطلقا بالأمر الاستثنائي بيد أن النتيجة اللازمة عن قبولها سوف تمثل نهاية البحث الذي يمكن من خلاله أن يمضي العلم قدماً إلى الأمام.

لا تزال هذه النقطة حتى الآن نوعا من تحصيل الحاصل. فبدون الالتزام بنموذج إرشادي لا يمكن أن يكون هناك علم قياسي. علاوة على ذلك، يتعين أن يمتد هذا الالتزام ليشمل مساحات ودرجات من الدقة غير مسبوقة بالكامل. وبدون ذلك لن يقدم النموذج الإرشادي ألغازا لم يسبق حلها. زد على ذلك أن العلم القياسي ليس هو وحده الذي يتوقف وجوده على الالتزام بنموذج إرشادي. فلو أن النظرية القائمة تلزم العالم وتقيده فقط بالتطبيقات المعمول بها. فسوف تنتفي تماما أسباب الدهشة أو الشذوذ أو الأزمات. ولكن هذه هي مجرد المعالم التي تحدد الطريق إلى علم غير مألوف. ولو أننا أخذنا حرفيا القيود الوضعية التي تحدد المجال المشروع لتطبيق نظرية ما، إذن لتوقف عن العمل بالضرورة الميكانيزم الذي يبلغ المجتمع العلمي بماهية المشكلات التي يمكن أن تقود إلى تغيرات أساسية. وفي هذه الحالة، سيعود المجتمع العلمي حتما إلى وضع شديد الشبه بوضعه قبل ظهور النموذج الإرشادي. وهو وضع يمارس فيه كل الأعضاء العلم ولكن حاصل إنتاجهم يكاد لا ينتسب إلى العلم في شيء على الإطلاق. وبعد، فهل هناك في الحقيقة ما يدعو للدهشة والتساؤل لأن

---

(٤) قارن النتائج التي تم التوصل إليها من خلال نوع من التحليل مغاير تماما قدمه ر. ب. بريثويت في: R. B. Braithwaite, "Scientific Explanation" (Cambridge, 1953), pp 50-87,es p.p.76.

ثمن التقدم العلمي الهام هو الالتزام الذي يخاطر بالوقع في الخطأ؟

والأهم من ذلك أن الحجة الوضعية تنطوي على ثغرة منطقية، وهي فجوة ستقودنا مباشرة مرة ثانية إلى طبيعة التغير الثوري. هل يمكن حقاً اشتقاق ديناميكا نيوتن من الديناميكا النسبية؟ ماذا عسى أن يكون شكل هذا الاشتقاق؟ لنتخيل معا مجموعة من القضايا E_n .... E_2 .... E_1 التي تجسد معا قضايا نظرية النسبية. وتشتمل هذه القضايا على متغيرات ومعالم تمثل الوضع المكاني والزمان وكتلة السكون . . . إلخ ويمكن أن نستنتج منها بناء على ما توفره لنا أداة المنطق والرياضيات مجموعة كاملة من القضايا الأخرى من بينها بعض القضايا التي يمكن مراجعتها والتأكد منها بالمشاهدة. وحتى نثبت صواب ديناميكا نيوتن كحالة خاصة يجب أن نضيف إلى مجموعة E_1 إضافية مثل $(V/C)^2 << 1$ التي تقيد نطاق المعالم والمتغيرات. وبعد ذلك تجرى معالجة هذه المجموعة الموسعة من القضايا بحيث تنتج لنا مجموعة جديدة N_m .... N_2 .... N_1 التي تطابق من حيث الشكل قوانين نيوتن عن الحركة وقانون الجاذبية وما إلى ذلك. ويبدو في الظاهر أن ديناميكا نيوتن مشتقة من ديناميكا أينشتين في حدود شروط قليلة.

ومع هذا فإن الاشتقاق هنا زائف ومثير للريبة على الأقل بالنسبة لهذه النقطة: إذ على الرغم من أن N_1 حالة خاصة من حالات قوانين الميكانيكا النسبية إلا أنها ليست قوانين نيوتن. أو أنها قوانين نيوتن وقد أعيد تأويلها على نحو لم يكن بالإمكان تصوره قبل أعمال أينشتين. ذلك أن المتغيرات والمحددات الموجودة في مجموعة E_1 لاينشتين التي تمثل الوضع المكاني والزمن والكتلة . . . إلخ لاتزال قائمة في مجموعة N_1 وهي تمثل هنا المكان والزمن والكتلة حسب نظرة أينشتين. ولكن الحقائق الفيزيقية التي ترتكز عليها هذه المفاهيم عند أينشتين ليست متطابقة بحال من الأحوال مع الحقائق الفيزيقية لمفاهيم نيوتن التي تحمل نفس الأسماء (فالكتلة عند نيوتن باقية، وهي عند أينشتين قابلة للتحول إلى طاقة. ولا يمكن قياس الاثنين بطريقة واحدة في السرعات البطيئة نسبيا، بل وحتى هنا يتعين عدم تصورهما على أنهما شيء واحد). فنحن ما لم نعدل تعريفات المتغيرات في مجموعة N_1 فلن تكون القضايا الخبرية المشتقة قضايا

نيوتونية. وإذا عدلناها فلن يكون بالإمكان أن نقول عن حق أننا اشتققنا قوانين نيوتن أوليس من الصواب أن نقول ذلك على الأقل بأي معنى من معاني «الاشتقاق» كما نفهمه الآن. ولقد أبانت دراستنا بوضوح لماذا بدت قوانين نيوتن سارية المفعول في لحظة بذاتها، وهي بذلك كأنها تبرر، على سبيل المثال، قولنا إن سائق السيارة حين يسوق سيارته فكأنما يعيش في عالم نيوتن. واستخدمت حجة مماثلة لتبرير تدريس الفلك القائم على نظرية محورية الأرض لدارسي علم المساحة. بيد أن الحجة لم تنجح في بلوغ هدفها. إنها لم تبين أن قوانين نيوتن حالة محدودة بالقياس إلى قوانين أينشتين. ذلك لأنه عند تجاوز هذا الحد لن يكون التغير قاصرا فقط على شكل القوانين. إذ سنضطر في ذات الوقت إلى أن نغير العناصر البنيوية الأساسية التي يتألف منها الكون الذي ستطبق عليه هذه القوانين.

وإن هذه الحاجة إلى تغيير معنى المفاهيم المستقرة والمألوفة كان لها دور محوري فيما يتعلق بالصدمة الثورية التي أحدثتها نظرية أينشتين. وعلى الرغم من أن هذا التغير اتسم بأنه أكثر دقة من التغير من نظرية مركزية الأرض إلى نظرية مركزية الشمس، ومن التغير من نظرية الفلوجستون إلى نظرية الأكسجين، أو التغير من نظرية الجسيمات إلى نظرية الموجات، إلا أن التحول المفاهيمي الناتج عن ذلك ليس دون هذه من حيث الأثر التدميري الحاسم النموذج الإرشادي الذي استقر في السابق. وقد يصل بنا الأمر إلى حد النظر إليه باعتباره نموذجا لعمليات تغيير التوجيه الثوري في الحياة العلمية. ولكن نظرا لأن الانتقال من ميكانيكا نيوتن إلى ميكانيكا أينشتين لم ينطو على إدخال أهداف أو مفاهيم إضافية، فإن الانتقال لهذا السبب وحده، يبين بوضوح لا مثيل له الثورة العلمية باعتبارها تغييرا وإبدالا لشبكة المفاهيم التي يرى العلماء العالم من خلالها.

لعل هذه الملاحظات تكفي لبيان ما كان يمكن أن يؤخذ مأخذ التسليم في مناخ فلسفي مغاير. فإن غالبية الفوارق الظاهرية بين نظرية علمية مرفوضة وبين نظرية بديلة تحل محلها، إنما هي فوارق حقيقية على الأقل بالنسبة للعلماء. وعلى الرغم من أن بالإمكان دائما النظر إلى أي نظرية بالية باعتبارها حالة خاصة للنظرية الحديثة التي

خلفتها، إلا أنها لابـد وأن تتحول في اتجاه الـوفاء بهذا الغـرض. والسبيل الـوحيد إلى هذا التحول هـو الإفادة بمزايا النظرة الاسترجـاعية للأحداث، أي الالتزام بـالتوجيه الواضح والمحدد للنظرية الأحـدث. علاوة على هذا، فإنه حتى مع افتراض أن ذلك التحول وسيلـة مشروعة لاستخدامه في تأويل النظـرية الأقدم، فإن النتيجة الـلازمة عن تطبيقه هو تقييد النظرية للغايـة بحيث لا يمكنها إلا أن تكرر ما كان معروفا من قبل. ونظـرا لما تتسم به عمليـة التكرار هـذه من اقتصـاد فإن لها نفعها، ولكنهـا لا تكفي لتوجيه البحث.

لذا فلنأخذ الآن مأخذ التسليم القول بأن الفـوارق بين النماذج الإرشادية المتعاقبة هي فوارق ضرورية، ولا يمكن التوفيق بينها. هل يمكن لنا عندئذ أن نحدد بوضوح أكثر ماهي أنواع الفوارق تلك؟ سبق أن عرضنا مرارا أمثلة النوع الأكثر غلبة وشيوعا. فالنماذج الإرشاديـة المتعاقبة تحكي لنا أشياء مختلفة عن سكـان العالم وعن سلوكهم. إنها تختلف فيما بينها بشأن مسـائل مثل وجود جزئيـات دون الذرة، وماديـة الضوء، وبقاء الحرارة أو الطاقة. هذه هي الفوارق الموضوعية بين النماذج الإرشادية المتعاقبة، ولا حاجـة إلى المزيد من الأمثلـة للتوضيح. غير أن النماذج الإرشـادية لا تختلف فيما بينها من حيث موضوعها فقط بل تختلـف فيما هو أكثر من ذلك لأنها ليست موجهة فقط إلى الطبيعة بل موجهة أيضا في اتجاه عكسي إلى العلم الذي أنتجها. إنها مصدر مناهج البحث وميـدان المشكلات موضوع البحث ومصدر معـايير الحل التي تقبلها أي جماعـة علميـة ناضجـة في فترة زمنيـة بعينهـا. ونتيجة لـذلك فإن تلقي نمـوذج إرشـادي جديـد غـالبـا ما يستلـزم إعـادة تحديد العلم المطـابق لـه. ذلك أن بعض المشكلات القـديمة قد تحال إلى علم آخر، أو يعلن أنها «غير علميـة» البتة. كما وأن مشكلات أخـرى كانـت غير موجودة أو كـانت تعتبر مشكلات مبتـذلة في السـابق يمكن أن تصبح في ضـوء نموذج إرشـادي جـديد الطـراز البدائي أو البراعم الأوليـة لإنجاز علمي هام. ومع تغير المشكلات يتغير كذلك في الغالب الأعم المعيار الذي يمايـز حـلا علميا حقيقيـا عن تأمـل ميتافيـزيقي أو عن تـلاعب بـالألفـاظ أو لهو بعمليـات ريـاضيـة. إن التقليد العلمي القيـاسي الـذي ينبثق عن ثـورة علميـة لا

يتعارض فحسب مع التقليد الذي ولى ومضى، بل إنه على الغالب يختلف عنه في وحدات القياس.

إن الصدمة التي أحدثتها أبحاث نيوتن لتقاليد الممارسة العلمية العادية في القرن السابع عشر تقدم لنا مثالا مذهلا لهذه النتائج الدقيقة المترتبة على الانتقال من نموذج إرشادي إلى آخر. فقبل أن يولد نيوتن كان «العلم الجديد» لهذا القرن قد نجح أخيرا في نبذ التفسيرات الأرسطية والمدرسية «الأسكولائية» التي تعبر عن نفسها في ضوء مصطلحات عن «ماهية» الأجسام المادية. فعبارة مثل قولنا إن الحجر يسقط لأن «طبيعته» دفعته صوب مركز الكون بدت تحصيل حاصل وتلاعبا بالكلمات. وهو ما لم يحدث في السابق. وأصبح كل تيار الظواهر الحسية مثل اللون والمذاق بل والوزن يجري تفسيرها من الآن فصاعدا في ضوء حجم وشكل ووضع وحركة الجسميات الأولية للمادة الأساسية. وكان وصف الذرات الأولية بأوصاف أخرى غير هذه عود إلى السحر والتنجيم، ومن ثم خروج عن حدود العلم. وكم كان موليير دقيقا في فهم الروح الجديدة عندما سخر من الطبيب الذي شخص أثر الأفيون كمنوم بقوله إنه منوم لأن له تأثيرا منوما. ولوحظ على مدى النصف الأخير من القرن السابع عشر أن أكثر العلماء كانوا يؤثرون القول بأن الشكل المستدير لجزئيات الأفيون هو الذي يعطيه القدرة على تسكين الأعصاب التي يسري فيها [٥].

وقبل ذلك كانت التفسيرات في ضوء السحر والتنجيم جزءا متكاملا مع الجهد العلمي الخصب. ومع هذا فإن الالتزام الجديد في القرن السابع عشر بالتفسير الميكانيكي ـ الجسيمي قد أثبت أنه مثمر وخصب للغاية بالنسبة لعدد من العلوم إذ خلصها من مشكلات استعصت على الحل المقبول بوجه عام وأوحى بمشكلات أخرى بديلة عنها. ففي الديناميكا على سبيل المثال نجد قوانين نيوتن الثلاثة عن الحركة هي نتاج محاولة لإعادة تفسير مشاهدات مشهورة في ضوء حركات وتفاعلات

(٥) عن النزعة الجسيمية بعامة انظر: Marie Boas, "The Establishment of the Mechanical Philosophy," Osiris, X (1952),

وعن أثر شكل الجزيء على المذاق انظر نفس المرجع ص ٤٨٣.

الجسيمات الأولية المحايدة أكثر منها نتائج لتجارب جديدة. ولنتدبر معا مثالا واحدا ملموسا. فنظرا لأن الجسيمات المحايدة لا يمكن أن تؤثر في بعضها بعضا إلا عن طريق التلامس فقط فإن النظرة الميكانيكية ـ الجسيمية إلى الطبيعة قد وجهت انتباه العلماء إلى موضوع للدراسة جديد جدا وهو تغير حركات الجسيمات بفعل التصادم. وقد طرح ديكارت المشكلة وقدم أول حل مفترض لها. وخطا بها كل من هيجنز وفرين وواليس خطوة أخرى إلى الأمام، تمثلت جزئيا في التجارب على كرات البندول حين تتصادم، وإن تمثلت غالبية التجارب في تطبيق خصائص الحركة المعروفة سابقا على المشكلة الجديدة. وضمن نيوتن نتائجهم في قوانينه عن الحركة. وإن «الفعل» و«رد الفعل» المتكافئين في القانون الثالث للحركة هى التحولات في كم الحركة الناجمة عن اصطدام الطرفين. وزودنا نفس التغير في الحركة بتحديد للقوة الدينامية المتضمنة في القانون الثاني. وفي هذه الحالة، كما في حالات أخرى كثيرة على مدى القرن السابع عشر، تولدت عن النموذج الإرشادي الجسيمي مشكلة جديدة وكذا الجزء الأكبر من حل تلك المشكلة [٦].

ومع هذا، فعلى الرغم من أن القسط الأكبر من أعمال نيوتن استهدف حل مشكلات مشتقة من النظرية الميكانيكية الجسيمية عن العالم مع التقيد بمعايير هذه النظرية، إلا أن النموذج الإرشادي الناجم عن جهوده تلك أحدث مزيدا من التغيرات (وهي تغيرات هدامة جزئيا) في المشكلات والمعايير التي كانت تراها الأوساط العلمية آنذاك مشروعة وصحيحة. فالجاذبية التي جرى تفسيرها على أنها تجاذب فطري بين كل زوجين من جزئيات المادة، كانت صفة غيبية تماما بنفس المعنى الذي تحدث به المدرسيون عن «الميل إلى السقوط». ولهذا فبينما بقيت معايير النظرية الجسيمية سارية المفعول، كان البحث عن تفسير ميكانيكي للجاذبية واحدا من أهم المشكلات التي تتحدى أولئك الذين ارتضوا كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» نموذجا إرشاديا لهم. ولقد نذر نيوتن القسط الأكبر من اهتمامه لهذه المشكلة وكذلك فعل كثيرون من خلفائه من أبناء القرن الثامن عشر. وكان الخيار

(٦) R. Dugas, "La mécanique au XVIIe siècle" (Neuchatel, 1954), pp. 177-85.

الوحيد البادي للعيـان هو رفض نظرية نيوتن لفشلهـا في تفسير الجاذبية، وكان هذا هو البديل الـذي حظى بالقبول على نطاق واسع. بيد أن أيـا من هاتين النظريتين لم تفـز في النهـاية، وبـات العلماء، عـاجـزين عن ممـارسة العلم بـدون كتـاب أسس الريـاضيات «البرنكيبيا»، وعاجـزين أيضا عن التوفيق بين هـذا العمل وبين معايير النظرة الجسيمية السائدة في القرن السابع عشر، ومن ثم قبلوا تدريجيا الرأي القائل أن الجاذبيـة حـدث فطـري في حقيقتـه. وفي منتصف القـرن الثـامن عشر أصبح هـذا التفسير مقبـولا بصـورة عـامـة تقـريبـا، والنتيجـة ردة أصيلـة (وهي ليست بمعنى التراجع) إلى معيـار مدرسي «اسكـولائي». فقد أضحت حـالتا التجـاذب والتنافـر الفطريتين شأنهما شأن الحجم والشكل والوضع والحركة خصائص فيزيقية أولية للمادة لا يمكن ردها إلى ما هو أبسط منها[٧].

ومرة أخرى انطوت التغيرات في معايير ومجال بحث علم الفيزياء على نتائج ذات شأن كبير. فحتى خمسينات القـرن الثامن عشر كان «الكهربائيـون» على سبيل المثال بوسعهم التحدث عن «فضيلة» الجذب في السيال الكهربي دون أن يستثيروا السخرية على نحـو مـا حدث مـع طبيب موليير منـذ قـرن مضى. وحين فعلـوا ذلك بـدأت دراستهم تكشف أكثر فأكثر عن نظام في الظواهر الكهربائية غير النظام الذي تبدى عندمـا أظهروه كأنـه نتائج أو آثار تيـار ميكانيكي غير مـرئي لا يؤثـر إلا من خلال التلامـس المباشر. والجدير بـالذكـر هنا أنـه عندمـا أصبح التأثير الكهربي عـن بعد موضوعا للدراسة عرف البـاحثون الظاهرة التي نسميها نحن الآن الشحن عن طريق التأثير، ولكنهم قـالـوا إنها إحـدى نتائج التأثير الكهـربى عن بعـد. وكـانت هـذه الظاهرة في السابق إما أن تمضي دون أن يشاهدها أحد، وينسبونها إذا ماشاهدوها إلى التأثير المبـاشر «لـلأجواء» الكهـربيـة أو إلى حـالات من التسرب الحتمي داخل أي معمل للكهرباء. وكـانت هذه النظرة الجديدة إلى نتائج الشحن بـالتأثير هي بدورها مفتاح دراسة فـرانكلين التحليلية لوعاء ليـدن، ومن ثم كانت أيضا أسـاسا لظهور

(٧) I. B. Cohen, "Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian experimental science and Franklin's Work in Electricity as an Example thereof" (Philadelphia, 1956), chaps. vi-viii.

نموذج إرشـادي جديد للكهـرباء على غـرار النموذج الإرشادي النيـوتوني. ولم تكن الـديناميكـا والكهربـاء هما المجالين الـوحيدين اللـذين تأثرا بمشروعيـة البحث عن القوى الفطرية في المادة. فإن القسط الأكبر من أدبيـات العلوم في القرن الثامن عشر والمتعلقة بدراسة ظواهر الألفة الكيميائية والسلسلة التكميلية إنما نجم أيضا عن هذا الجانب فـوق الميكانيكي من مـذهب نيوتن. والمعـروف أن الكيميائيين الـذين كانـوا يؤمنون بهذه التجاذبات الفارقة بين الأنواع الكيميائية المتباينة أجروا في السابق تجارب لم يكن ليتصورها أحـد حتى ذلك الحين، وجاهدوا في البحث عن أنـواع جديدة من التفاعـلات. وبدون المعارف والمفاهيم الكيميـائيةالتي تولدت عن هـذه الأعمال ما كان بالإمكـان أن تتم أعمال لا فوازييه الأخيرة ولا كذلك، وبشكل أكثـر خصوصية أعمال دالتــون (٨). ذلك أن التغيرات التي تطـرأ على المعايير المنظمـة للمشكلات والمفاهيم والتفسيرات المقبولة يمكن أن تؤدي إلى تحول العلم. وسوف أبين في الفصل التالي على أي نحو يمكن أن تحدث هذه التغييرات تحولا في العالم حولنا.

وإن بالإمكـان أن نسترجع من تاريخ أي علم وفي أي مـرحلة تقريبـا من مراحل تطوره أمثلة أخرى لهذه الفوارق الشكلية بين النماذج الإرشادية المتعاقبة. ولكن لنقنع الآن بذكر مثالين آخرين فقط أكثر إيجازا. فقبل الثورة الكيميائية كانت إحدى المهام المعترف بها للكيمياء هي تفسير صفـات للمواد الكيميائيـة والتغيرات التي تطرأ على هذه الصفات خـلال التفاعلات الكيميائية. وكان على الكيميـائي، مستعينا بعدد قليل من «المبادىء» الأولية ــ أحدها الفلوجستـون ـ أن يفسر لماذا بعض المواد تكون حامضيـة وأخرى معدنية وغيرهـا قابل للاحتراق ومـا إلى ذلك. وأمكن إحراز بعض النجـاح في هــذا الاتجاه. وسبق أن أشرنـا إلى أن الكيميـائيين فسروا على أســاس الفلوجستون لماذا تشابهت المعادن كثيرا، وهو ما يصدق أيضا على الأحماض. غير أن الإصلاح الـذي أدخله لافوازييه أطـاح في النهاية بما يسمى «المبادىء» الكيميـائية، وانتهى الأمـر بأن جـرد الكيميـاء من بعض القـدرة الفعليـة، ومن كثير من القـدرة

(٨) عن الكهرباء انظر المرجع السابق، الفصلين ٨، ٩ وعن الكيمياء انظر متسجر Metzger نفس المرجع المذكور الباب الأول.

E, Meyerson, "Identity and Reality" (New York, 1930), chap. x.

المحتملة على التفسير. فاحتاج الأمر إلى تغيير في المعايير يعوض عن هذه الخسارة والجدير بالذكر أنه على مدى فترة طويلة من القرن التاسع عشر أخفق الباحثون في تفسير صفات المركبات الكيميائية، ولكن لم يعد ذلك اتهاما للنظرية الكيميائية [٩].

مثال آخر: خلال القرن التاسع عشر شارك كلارك ماكسويل آخرين من أنصار النظرية الموجية عن الضوء اعتقادهم بأن موجات الضوء لابد وأنها تنتشر عبر وسط أثيري مادي. وكان تصور وسط ميكانيكي يحمل هذا الموجات هو المشكلة القياسية التي تجابه الكثيرين من أعلام عصره، غير أن نظريته هو، وهي النظرية الكهرومغنطيسية عن الضوء، لم تقدم على الإطلاق أي تفسير عن وسط قادر على حمل موجات الضوء. ووضح أنها جعلت هذا التفسير أصعب مما بدا سابقا، ولهذا السبب كان مصير نظرية ماكسويل في البداية الرفض على نطاق واسع. ولكن ماكسويل، شأن نيوتن، أثبت أن من الصعب الاستغناء عنها. ونظرا لأنها احتلت مكانة نموذج إرشادي فقد تغير موقف المجتمع العلمي منها. وعلى مدى العقود الأولى من القرن العشرين صار إصرار ماكسويل على وجود الأثير الميكانيكي يبدو أشبه بادعاء شكلي أجوف، وهو ما يخالف الحقيقة، وتخلى الباحثون عن محاولات وضع تصور لما يسمى الوسط الأثيري. ولم يعد العلماء يرون في التحدث عن إزاحة كهربائية دون تحديد ما الذي سيزاح ليحل محله سواه أمرا يتنافى مع العلم. ومرة أخرى كانت النتيجة تحديد مجموعة جديدة من المشكلات والمعايير، وهو ما كان له دور كبير، بعد ذلك، في ظهور نظرية النسبية [١٠].

وأن هذه التحولات المميزة التي طرأت على تصورات المجتمع العلمي لمشكلاته ومعاييره المشروعة كان يمكن أن تكون أقل شأنا بالنسبة لوجهة النظر التي نعرضها في دراستنا هذه لو أمكن افتراض أنها كانت تحدث دائما في اتجاه صاعد عى المستوى المنهجي للبحث. ففي هذه الحالة سوف تبدو نتائجها تراكمية أيضا. ولا غرابة في أن بعض المؤرخين جادلوا مؤكدين أن تاريخ العلم يسجل زيادة مطردة في نضج

(٩) E, Meyerson, Identity and Reality (New York, 1930), chap. x.

(١٠) E. T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity, II (London, 1953), 28-30.

وصقل مفهوم الإنسان عن طبيعة العلم(١١) . ومع هذا فإن الدفاع عن فكرة التطور التراكمي لمشكلات العلم ومعايره أشد صعوبة من الدفاع عن مسألة تراكم النظريات . فإن الجهود التي نذرها العلماء لتفسير الجاذبية ، وإن كانوا قد أصابوا حين تخلى غالبيتهم عنها في القرن الثامن عشر، لم تكن تستهدف الدفاع عن مشكلة غير مشروعة بطبيعتها. فالاعتراضات على «القوى الفطرية» لم تكن غير علمية بطبيعتها ، ولا ميتافيزيقية بأي معنى ازدرائي . وليست هناك معايير خارجية تسمح بإصدار حكم من هذا النوع ، وماحدث لم يكن حطًّا بالمعايير ولا ارتقاء بها ، بل فقط تحولا اقتضاه الالتزام بنموذج إرشادي جديد. علاوة على هذا فإن هذا التحول قد انقلب إلى الضد منذ ذلك الحين ويمكن أن يعود. ولقد نجح أينشتين في القرن العشرين في تفسير ظواهر التجاذب التثاقلي وقاد هذا التفسير العلم إلى مجموعة من القواعد والمبادىء والمشكلات هي في هذا السياق تحديدا أشبه بقواعد ومشكلات العلماء السابقين على نيوتن منها بمن جاءوا بعده. مثال آخر: إن استحداث ميكانيكا الكم قد عكس اتجاه الحظر المنهجي الذي نشأ بداية مع الثورة الكيميائية . ويحاول الكيميائيون الآن ، وبنجاح كبير، تفسير اللون ، وحالة التراكم وغير ذلك من صفات المواد التي يستخدمونها وينتجونها في معاملهم . وربما تشهد النظرية الكهرومغناطيسية اتجاها عكسيا مماثلا . ولم يعد الفضاء في الفيزياء المعاصرة الأساس الخامل والمتجانس على نحو ما كان في نظرية كل من نيوتن وماكسويل . وأن بعض خصائصه الجديدة ليست مغايرة لتلك الخصائص التي كان يوصف بها الأثير. وربما يأتي يوم نعرف فيه ماهية الإزاحة الكهربائية .

وحين ننقل التركيز من الوظائف المعرفية إلى الوظائف المعيارية للنماذج الإرشادية فإن الأمثلة السابقة سوف تساعدنا على أن نفهم بصورة أفضل كيف تصوغ النماذج الإرشادية صورة الحياة العلمية . لقد عنينا في السابق أساسا بدراسة دور النموذج الإرشادي كأداة للنظرية العلمية . وللقيام بهذا الدور يقوم النموذج الإرشادي بدوره

(١١) هناك محاولة شديدة الذكاء وحديثة تماما تهدف إلى ملاءمة التطور العلمي عنوة وقسرا ، وفي هذا انظر: C. C. Gillispie, "The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas" (Princeton, 1960).

من خلال إفـادة العلماء عما تشتمل وما لا تشتمل عليـه الطبيعة من كيـانات، وعن كيفيـة سلوك هـذه الكيانـات. وتعطي هذه المعلـومات خـريطة تـوضح تفاصيلهـا البحـوث العلميـة المتقدمـة. ونظـرا لأن الطبيعـة شديـدة التعقيـد والتبـاين بحيث يستعصى استكشافهـا عشوائيا فإن هذه الخريطـة تبدو حيويـة شأنها شأن الملاحظة والتجربة ضمانـا لاطراد تطور العلم. وتظهر النماذج الإرشادية من خـلال النظريات التي تجسدهـا في صورة مقـوم أساسي للنشاط البحثي. بيـد أنها مقوم أسـاسي أيضا للعلم في مجالات أخرى، وهـذه المجالات هي موضـوعنا الآن. ونخص بالذكـر هنا الأمثلـة التي استشهـدنـا بها أخيرا إذ تبين لنـا أن النماذج الإرشـاديـة لا تـزود العلماء بخريطـة فقط بل أيضـا ببعض التوجيهـات اللازمـة لوضع الخريطـة. فحين يدرس رجل العلم نمـوذجا إرشـاديا إنما يكتسب في الـوقت ذاته النظـرية ومنـاهج البحث والمعايير ويتعلمهـا عادة كمـزيج متشابك. ولهذا فإن النماذج الإرشـادية حين تتغير تحدث عادة تحولات هامة في المعـايير التي تحدد مشروعية كل من المشكلات والحلول المقترحة.

هذه الملاحظة تعـود بنا إلى النقطة التي بدأ منهـا هذا الفصل، إذ تمثل أول إشارة صريحة منا إلى السبب في أن الاختيـار بين النماذج الإرشادية المتنافسـة يثير عادة أسئلة لا يمكن حلها بمعايير العلم القياسي. وبقدر ما تختلف هاتان المدرستان العلميتان بشأن ماهيـة المشكلة وماهيـة الحل فإنهما حتما سيدخلان معـا في حوار طرشـان عند منـاقشة الميـزات النسبيـة للنموذج الإرشـادي الخاص بكل منهما. ويبين من خـلال الحوار الشبيـه بالـدائرة الخبيثة التي تترتب على ذلك عـادة، أن كل نموذج إرشـادي سيعرضـه أصحابـه على نحو يفي بدرجـة أو بأخرى بـالمعايير التي يحددهـا لنفسه، ويقصر عن الوفاء ببعـض المعايير التي يحددها الخصم. وهناك أسبـاب أخرى أيضا لنقص التـواصل المنطقي الـذي يتسم به دائما الحوار بشأن النماذج الإرشـاديـة. مثل ذلك أنه نظرا لأنه لا يوجـد نموذج إرشادي يحل دائما جميع المشكلات التي يحددها، ونظرا لأن أي نموذجين إرشاديين لا يتركان جميع المشكلات ذاتها بدون حل، لذا فإن الحوار بشأن النماذج الإرشاديـة يطرح دائما السؤال التالي: أي المشكـلات حلها أهم

من سواها؟ وكما هو الحال في موضوع المعـايير المتنافسة، كذلك فإن هذا السؤال عن القيم لا يمكن الإجابة عليـه إلا في ضوء المعايير الكائنـة خارج العلم القياسي . وإن هذه العـودة إلى المعايير الخارجيـة هي التي تسبغ على الحوار بشأن النماذج الإرشـادية طابعها الثوري الواضح. ولكن ثمة شيء ربما يكـون أكثر أساسية من المعايير والقيم ولـه دور في هـذه العمليـة أيضـا. لقـد قنعـت حتى الآن بـالتأكيـد على أن النماذج الإرشاديـة مقوم أساسي في بنـاء العلم. وأود الآن أن أوضح بأي معنى تكون النماذج الإرشادية مقوما أساسيا للطبيعة بالمثل.



الفصل العاشر
الثورات باعتبارها تحول في النظرة إلى العالم

إذا تأمل مـؤرخ العلم سجل بحوث الماضى من زاويـة مبادىء ومناهـج التاريخ المعاصر فقد لا يملك إلا أن يهتف قائلا: «آه، عنـدما تتغير النماذج الإرشادية يتغير معها العـالم ذاته. وانقيادا للنماذج الإرشـادية الجديدة يتبنى العلماء أدوات جـديدة، ويتطلعـون بأبصارهم صـوت اتجاهات جـديدة. بل وأهم من ذلك أن العلماء إبـان الثورات يرون أشياء جـديدة ومغايرة عندما ينظرون من خـلال أجهزتهم التقليدية إلى الأماكـن التى اعتادوا النظـر إليها وتفحصها قبل ذلـك. ويبدو الأمر وكـأن الجماعة العلمية المتخصصة قد انتقلت فجأة إلى كوكب آخر حيث تبدو الموضوعات التقليدية في ضوء مغاير وقد ارتبطت في الوقت ذاته بموضوعات أخرى غير مألوفة. وطبعى أن شيئا من هـذا لم يحدث: فلم يقع تغير أو تبديل في المواقع الجغـرافية، وكل شيء من شئون الحياة العادية يجرى كعادته خارج المعمل على نحو ما كان تماما. ومع هذا فإن التحولات التى طرأت على النماذج الإرشادية تجعل العلماء بالفعل يرون العالم الخاص بموضوع بحثهم في صـورة مغايرة. وطالما أن تعاملهم مع هـذا العالم لا يكون إلا من خلال ما يـرونه ويفعلونه، فقد تحدونـا رغبة في القول بأنه عقب حـدوث ثورة علمية يجد العلماء أنفسهم يستجيبون لعالم مغاير.

إن هـذه التحولات في عـالم البـاحث العلمى أشبـه بتحولات النماذج الأوليـة في البراهين المعروفة عند علماء الجشطلت الخاصة بتحول الصور الكلية البصرية لإثبات أنها غنية بايحاءاتها ـ فإن ما كان يبدو لرجل العلم قبل الثورة في صورة بط أصبح يبدو له في صـورة أرانب بعد ذلك. وإن ما كـان يراه على أنـه السطح الخارجي للصندوق حين ينظر إليه من أعلى بدا له وكأنه سطحه الداخلى حين نظر إليه من أسفل. وهذه التحولات، وإن كانت تجرى عادة على نحو تدريجى للغاية، وفي اتجاه واحد تقريبا،

إلا أنها أحداث ملازمة كما هو شائع لعمليـة التربية العلمية . فالطالب حين ينظر إلى خريطة مناسيب تبين المحيط العـام للشكل إنما يرى خطوطا على الورق، بينما يبصر المتخصص في رسم الخرائط صورة أرض ذات تضاريس . وإذا نظر الطالب إلى صورة حجرة الفقـاعات فإنه يبصر خطـوطا مختلطة ومتكسرة، بينما يـرى فيها عالم الفيـزياء سجلا لأحداث نويـات جزئية مألوفة لديه . ولكن الطالب لا يغـدو مواطنا من أبناء العالم الخاص بـالباحث العلمى إلا بعـد عدد من هذه التحـولات في الرؤيـة يرى في بعضها ما يراه الباحث العلمى المتمرس، ويستجيب إليه على نحو ما يستجيب هذا الباحث . بيد أن العالم أو الدنيا التي يـدخلها الطالب حينئذ ليست، على الرغم من هذا، عـالما ثابتـا على نحو نهائي بحكم طبيعـة البيئة، من نـاحية، وبحكـم طبيعة العلم ذاته من نـاحية أخرى . بل إن الأمر تحدده معا البيئـة والتراث العلمى القياسى الخاص الذي تدرب الطالب على الالتزام به . ولهذا فـإنه في أوقات الثورات، وعندما تتغير تقاليد العلم القيـاسى، لا بد أن يتدرب الباحث العلمي من جـديد على رؤية بيئته أو العالم من حـوله ـ ففي بعض المواقف المألوفـة يتعين عليه أن يتعلم و أن يرى صـورة كلية جـديدة . وبعـد أن يفعل ذلك سوف يبـدو له عـالم بحثه، في مـواضع عديـدة غير قياسي، أبدا مع العالم الـذي ألفه واعتاده قبل ذلك . وهـذا سبب آخر يجعل المدارس التى تسترشد بنماذج إرشادية متباينة تقف دائما إزاء أهداف فيها بعض التعارض .

وطبعى أن تجارب الصورة الكليـة الجشطلت في صيغتها المألوفة جـدا تصور فقط طبيعة التحولات الإدراكية الحسية . وهي لا تفيدنا بشيء عن دور النماذج الإرشادية، أو عن الخبرة التى سبق تمثلها خلال عمليـة الإدراك الحسى . بيد أن لدينا فيما يختص بهذه النقطة قـدرا كبيرا وخصبا من الـدراسات النفسيـة، أكثرها مستمـد من العمل الرائد الـذي قدمه معهـد هانوفـر . فالمفحوص الـذي يضع على عينيه أثناء التجـربة منظـارا مجهزا بعـدستين عـاكستين أو قالبتين للصـور، يرى العـالم في البـداية وكأنـه مقلوب رأسا على عقب، أعلاه أسفلـه . ويعمل جهازه الإدراكى الحسى في أول الأمر وفقا لـلأسلوب الـذي تدرب على العمل بـه بدون هـذا المنظار العـاكس، والنتيجة

اللازمة عن ذلك حالة تشوش شديدة للغاية مع الشعور بأزمة شخصية حادة. ولكن بعد أن يبدأ المفحوص في تعلم كيفية التأقلم مع عالمه الجديد حتى ينقلب كل مجاله البصرى رأسا على عقب، ويحدث ذلك عادة بعد فترة تكون خلالها الرؤية البصرية مشوشة. ثم بعد ذلك يرى الأشياء مثلما كانت قبل وضع المنظار على عينيه. معنى هذا أنه تمت الاستجابة لعملية استيعاب مجال بصرى كان يبدو قبل ذلك في صورة شاذة ومقلوبة، وأن المجال ذاته قد تحول [١]. وهكذا يمكن القول حرفيا، وعلى سبيل المجاز أيضا، أن المرء قد تآلف أو تكيف مع العدسات العاكسة وحدث له تحول ثورى في الرؤية البصرية.

وحدث أن مر بتحول مماثل تماما المفحوصون الذين أجريت عليهم تجربة لعبة شاذة من ألعاب الورق وهي التجربة التى عرضناها في الفصل السادس. فقد ظل المفحوصون لا يرون سوى أوراق اللعب التى هيأتهم لها خبرتهم السابقة إلى أن تعلموا عن طريق العرض طويل المدى أن الكون يضم أوراق لعب شاذة. وما أن هيأت لهم خبرة واحدة الفئات الإضافية اللازمة حتى أصبح في مقدورهم رؤية جميع أوراق اللعب الشاذة عند عرضها عليهم لأول مرة لفترة كافية تسمح بعملية التعرف. وهناك تجارب أخرى تؤكد أن ما يدركه المرء من حجم أو لون أو غير ذلك من صفات لموضوعات يجرى عرضها عليه أثناء تجربة من التجارب تتغير أيضا على أساس الخبرة السابقة والتدرب السابق للمفحوص [٢]. وأن استعراض الدراسات التجريبية الغنية التى استقينا منها هذه الأمثلة يجعلنا نذهب إلى القول بأن وجود شيء ما أشبه بنموذج إرشادى يعتبر شرطا ضروريا لعملية الإدراك الحسى ذاتها. فإن ما يبصره المرء

(١) قام بالتجارب بداية جورج م. ستراتون George M. Stratton, "Vision without Inversion of the Retinal Image," Psychological Review, IV (1897), 341-60, 463-81.
ويقدم لنا هارفي أ. كار عرضا أكثر حداثة في كتابة:
Harvey A.Carr, an "Introduction to Space Perception" (New York, 1935),pp. 18-57.

(٢) يرى القارىء أمثلة على ذلك في كتاب:
Albert H. Hastorf, "The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance," Journal of Psychology, XXIX (1950), 195-217; and Jerome S. Brunner, Leo Postman, and John Rodrigues, "Expectations and the Perception of Color," American Journal of Psychology, LXIV (1951, 216-27.

يتوقف على ما ينظر إليه، وكذلك على ما علمته خبرته التصورية البصرية السابقة أن يراه في هذا الشيء. وبدون هذا التدريب لن يكون هناك إلا ما وصفه وليام جيمس بعبارته التي يقول فيها «ألوان وطنين في فوضى مطلقة».

وتبين للكثيرين من المعنيين بتاريخ العلم خلال السنوات الأخيرة إن التجارب سالفة الذكر غنية بايحاءاتها ومدلولاتها. ونخص بالذكر هنا ن. ر. هانزون الذي استخدم البراهين الجشتلطية لإثبات عدد من النتائج المطابقة للاعتقاد العلمى الذى يعنينى أمره هنا [٣]. بينما أوضح مرارا عدد آخر من الزملاء أن تاريخ العلم سيكون مفهوما على نحو أفضل وأكثر تجانسا إذا ما تسنى للمرء أن يفترض أن العلماء يمرون بين الحين والآخر بنقلات أو تحولات في الإدراك الحسى تشبه تلك التى أسلفنا الحديث عنها. ولكن على الرغم من ثراء هذه التجارب السيكولوجية لما تنطوى عليه من إيحاءات إلا أنها لا تسمح لنا، والحال هذه، بأن نمضى بعيدا ونتمادى في القياس. إنها تكشف بالفعل عن خصائص الإدراك الحسى التى يمكن أن تكون مركزية بالنسبة للتطور العلمى، بيد أنها لا تقوم دليلا على أن المشاهدة، الحذرة والدقيقة والمحكومة بضوابط، التى يجريها الباحث العلمى تحمل على الإطلاق بعض هذه الخصائص. زد على ذلك أن نفس طبيعة هذه التجارب تجعل إقامة برهان مباشر على هذه النقطة ضربا من المحال. فلو أن الأمثلة التاريخية تستهدف إثبات ملاءمة هذه التجارب النفسية وصلتها الوثيقة بالموضوع، لأصبح واجبا علينا بادىء ذي بدء أن نحدد أنواع البينات التى لنا أن نتوقع أن يزودنا بها، أولا يزودنا بها، التاريخ.

إن المفحوص في التجربة الجشطلتية التى تهدف إلى البرهنة على ذلك إنما يعرف أن إدراكه الحسى قد تحول لأن بإمكانه أن يحركه وفق إرادته مرارا وتكرارا ذهابا وإيابا وهو ممسك بيديه ذات الكتاب أو الصحيفة. ونظرا لأنه يعى أن شيئا في البيئة المحيطة به لم يتبدل، فإنه يوجه انتباهه بصورة متزايدة لا إلى الشكل العام (بطة أو أرنب) بل إلى الخطوط المرسومة على الصحيفة التى ينظر إليها. بل أنه في نهاية الأمر يمكنه أن يتعلم

(٣) N.R. Hanson, "Patterns of Discovery" (Cambridge, 1958), chap. i.

كيف يرى هذه الخطوط دون النظر إلى أي من الشكلين، ومن ثم يمكنه القول حينئذ (وهو ما لم يكن يستطيع أن يقوله من قبل على نحو صحيح) إن هذه هي الخطوط التي يراها بالفعل ولكنه يراها في تناوب على هيئة بطة وعلى هيئة أرنب. وعلى هذا المنوال فإن المفحوص في تجربة أوراق اللعب الشاذة يعرف (أو إن شئت دقة أكثر يمكن إقناعه) بأن إدراكه الحسى لا بد أنه قد تحول لأن سلطة خارجية، وهي الباحث القائم بالتجربة، يؤكد له أنه على الرغم مما رآه فقد كان طوال الوقت ينظر إلى خمسة ديناري سوداء. والملاحظ في كل من هاتين الحالتين، وكذا في جميع التجارب النفسية المماثلة، أن فعالية البرهان رهن بإمكانية تحليله على هذا النحو. إذ ما لم يكن هناك معيار خارجى نثبت في ضوئه التحول في الرؤية البصرية أن يكون بالإمكان استخلاص أي نتيجة عن الإمكانات الإدراكية الحسية المتبادلة.

ولكن الموقف يتحول إلى النقيض تماما بالنسبة للمشاهدة العلمية. فالعالم لا يملك تجاوز حدود ما يراه بعينيه وتثبته أجهزته. فلو أن ثمة سلطة أعلى قادرة على إثبات أن رؤيته قد تحولت، فإن هذه السلطة ستغدو هي نفسها مصدر المعطيات، كما سيصبح سلوك رؤيته البصرية مصدرا لعدد من المشكلات التى تستلزم الدراسة والبحث (مثلما هو حال المفحوص خلال التجربة في نظر الباحث النفسى). وقد تبرز مشكلات مماثلة لهذه لو أن رجل العلم استطاع أن يبدل رؤيته البصرية هنا وهناك على نحو ما حدث بالنسبة للمفحوص في التجارب النفسية الجشطلتية. فالفترة الزمنية التى انقضت بين كون الضوء «موجة حينا وجزيئا حينا آخر» كانت فترة أزمة ــ فترة كان فيها خطأ ما ـ ولم تنته إلا بظهور الميكانيكا الموجية والتحقق من أن الضوء كيان متسق مع نفسه ومختلف عن كل من الموجات والجزيئات. لهذا فإن التحولات الإدراكية الحسية في مجال العلم إذا اقترنت بالتحولات في النماذج الإرشادية، فإن لنا أن لا نتوقع بأن يصدق العلماء على هذه التحولات مباشرة. فالباحث الذي تحول إلى مذهب كوبرنيكوس لا يقول إذا ما نظر إلى القمر «لقد اعتدت أن أبصر كوكبا، أما الآن فإننى أبصر تابعا». فمثل هذا التعبير قد يكون له معنى وقتما كان مذهب بطليموس هو السائد. ولكن الباحث العلمى الذى تحول إلى

علم الفلك الحديث فإنه يقول بدلا من ذلك «اعتبرت القمـر يوما ما (أو رأيت القمر في السابق باعتباره) كوكبا، ولكننى كنـت مخطئا». وهذا النوع من الحديث هو الذي يتردد عقب الثورات العلميـة. وإذا كان يخفى عادة تحولا في الرؤيـة العلمية أو يخفى أى تحول ذهني آخر له نفس النتيجة، إلا أننا لا نستطيع أن نتوقع شهادة فورية بشأن هذا التحول. بل يتعين علينا أن نلتمس براهين سلوكية غير مباشرة تثبت أن الباحث العلمى وقد توفـر له نموذج إرشادى جديد أضحى يـرى الأمور على نحو مختلف عما كان مألوفا له قبل ذلك.

ولنعد ثـانية إلى الـوقائع التاريخيـة مما بين أيدينـا ونسأل ما أنـواع التحولات التى طرأت على دنيـا الباحث العلمى مما يمكـن أن يتبينها المؤرخ الذي يـؤمن بمثل هذه التحولات. إن اكتشاف سير وليام هرشيل لكوكب أورانوس هو أول مثال على ذلك، وهو مثـال يضاهـي إلى حد كبير تجربة ورقـة اللعب الشاذة. فقـد كانـت هناك على الأقل سبع عشرة مناسبة فيها بين عامي ١٦٩٠ و١٧٨١ شاهد خلالها عدد من علماء الفلك، ومن بينهم كثيرون من أبرز علماء الأرصـاد في أوربا، نجما في مواضع نفترض اليوم أن أورانوس كـان يشغلها وقتذاك بالضرورة. وحـدث أن واحدا من خيرة علماء الأرصاد هؤلاء قد شاهد «النجم» بالفعل خلال أربع ليال متعاقبة في عام ١٧٦٩ دون أن يلحظ حركتـه التي كان يمكن أن توحـي إليه بالتعـرف الصحيح. ولكن هرشيل حين شاهد لأول مرة ذات النجم بعد ذلك بـاثنى عشر عاما، إنما فعل ذلك مستعينا بمرقاب صنعه بنفسـه وكان أكثر تقدما بكثير من سابقـه. ونتيجة لذلك استطاع أن يلحظ جسما في حجم القرص كان على الأقل شيئـا غير مألوف بين النجوم. وظن أن ثمـة خطأ ما، ولهذا أرجأ الحكم والتحـديد ريثما يجرى مـزيدا من المراقبـة الدقيقـة. وكشفت هذه المراقبة الفـاحصة عن حركة أورانوس بين النجـوم، وبذا أعلن هرشيل أنه شاهد نجما مذنبا جديـدا. ومضت عدة شهور، جرت خلالها محاولات غير مجدية لمطابقـة الحركة المشاهـدة مع مدار أحد المذنبـات. وهنا فقط اقترح لكسيل أن المدار ربما يكـون مدار كـوكب(٤). وبعد أن صـادق العلماء على هذا الـرأى أصبح عالم

(٤) Peter Doig, "A Concise History of Astronomy" (London, 1950), pp. 115-16.

الباحث الفلكي المحترف يضم عددا أقل من النجوم بكثير وكوكبا جديدا زيادة على ما سبق. وها هو جرم سماوي كان يغيب ويختفى عن الرؤية على مدى قرن من الزمان أصبح يراه العلماء على نحو مختلف بعد عام ١٧٨١ وذلك لأنه، تماما مثل ورقة اللعب الشاذة، لم يعد بالإمكان مطابقته مع فئات الإدراك الحسى (نجم أو مذنب) التي حددها النموذج الإرشادى الذي كان سائدا فيما سبق.

إن التحول في الرؤية البصرية الذي جعل علماء الفلك يرون أورانوس، الكوكب، لم يؤثر فقط، فيما يبدو، على إدراك هذا الموضوع الذي سبقت مشاهدته. بل كانت له نتائج أكثر وأبعد مدى. إذ من المحتمل، وإن كان الدليل على ذلك ليس قاطعا، إن التحول البسيط في النموذج الإرشادى الذي فرضه هرشيل ساعد على تهيئة علماء الفلك لكي يكتشفوا بسرعة، عقب عام ١٨٠١، العديد من الكواكب الصغيرة أو الكويكبات. ونظراً لصغر حجم هذه الكويكبات فإنها لم تكشف عن الضخامة غير المألوفة التي نبهت هرشيل. ومع ذلك فإن علماء الفلك، وقد أضحوا مُهَيَّئين لاكتشاف كواكب إضافية، استطاعوا بفضل ما توفر لديهم من أدوات معيارية تحديد عشرين من هذه الكواكب على مدى النصف الأول من القرن التاسع عشر [٥]. ويقدم لنا تاريخ علم الفلك كثيرا من الأمثلة الأخرى عن التحولات التى طرأت على الإدراك العلمى بفعل النموذج الإرشادى، ربما كان بعضها أقل غموضا. فهل لنا أن نتصور على سبيل المثال أنه من قبيل المصادفة أن علماء الفلك الغربيين أدركوا لأول مرة تحولا في السماوات التي كان ينظر إليها قبل ذلك على أنها شيء ثابت لا يعتريه أي تغير، وذلك على مدى نصف قرن بعد طرح النموذج الإرشادى الجديد الذي اقترحه أول الأمر كوبرنيكوس؟ إن علماء الصين الذين لا تحول عقائدهم الكونية دون القول بحدوث تغير في الأفلاك، قد سجلوا قبل ذلك التاريخ بزمن طويل ظهور الكثير من النجوم في السموات. وكذلك سجل علماء الفلك الصينيون بانتظام، ودون الاستعانة بمرقاب، ظهور البقع الشمسية قبل

(٥) Rudolph Wolf, Geschichte der Astronomie (Munich, 1877), pp. 513-15, 683-93.
ولنلاحظ بوجه خاص مدى الصعوبة التي عانى منها فولف في سبيل تفسير هذه الاكتشافات باعتبارها نتيجة لازمة عن قانون بود Bode's Law.

أن يراها جاليليو ومعاصروه بقرون عديدة (٦). ولم يكن ظهور البقع الشمسية أو ظهور نجم جديد هى الأمثلة الوحيدة على التغير في مجال الفلك الذي طرأ على سماوات علم الفلك الغربي بعد كوبرنيكوس مباشرة. فالمعروف أن علماء الفلك في أواخر القرن السادس عشر اكتشفوا مرارا، وبفضل الاستعانة بأدوات تقليدية بعضها بسيط للغاية مثل قطعة خيط، أن المذنبات انحرفت في مسارها عبر فضاء كان المعتقد في السابق أنه خاص بنجوم وكواكب ثابتة (٧). وأن هذه السهولة الشديدة والسرعة الكبيرة التى رأى بها علماء الفلك أشياء جديدة عند النظر إلى موضوعات قديمة بأدوات قديمة قد تحدو بنا إلى القول بأن علماء الفلك عاشوا بعد كوبرنيكوس في عالم مختلف. وعلى أية حال فقد سارت بحوثهم وكأن الأمر كان على هذا النحو.

أثرنا اختيار الأمثلة السابقة من علم الفلك نظرا لأن تقارير المشاهدات الفلكية تصاغ عادة بلغة قوامها مصطلحات المشاهدة على نحو خالص نسبيا. وهذا النوع من التقارير هو وحده الذي يمكن أن نأمل في أن نجد فيه شيئا شبيها بالموازاة الكاملة بين مشاهدات العلماء ومشاهدات المفحوصين في تجارب علم النفس. بيد أننا لا نريد أن نتشدد بشأن هذه الموازاة الكاملة بحيث تكون متطابقة تماما، إذ سوف نجني كثيرا إذا ما خففنا من معيارنا الذي نقيس به. فإذا تسنى لنا أن نقنع بالاستخدام اليومي العادي لفعل «يرى» فإننا قد ندرك سريعا أننا صادفنا في حياتنا من قبل الكثير من الأمثلة الأخرى لمظاهر التحول في الإدراك الحسى العلمى المقترن بتغير النموذج الإرشادى. وأرى لزاما على أن أسارع بالدفاع هنا صراحة عن المعنى الموسع لكلمتى «إدراك حسى» و«رؤية»، ولكن ليسمح لى القارىء بداية أن أوضح استخدامهما في الممارسة العملية.

لنتأمل ثانية للحظة مثالين من أمثلتنا السابقة المستمدة من تاريخ الكهرباء. فخلال القرن السابع عشر اعتاد الكهربائيون، وقد كانوا يسترشدون بإحدى نظريات

(٦) Joseph Needham, "Science and Civilization in China", II (Cambridge, 1959), 423-29, 434-36.

(٧) T. S. Kuhn, "The Copernican Revolution" (Cambridge, Mass., 1957), pp. 206-9.

البخر غير المرئى، أن يروا جـزيئات أو دقائق شبيهة بالقش تقفـز مرتدة إلى أعلى، أو هابطـة إلى أسفل ، الأجسام المكهربة التـي تجتذب تلك الدقائق. أو كـان هذا على الأقل ما قـال الباحثون في القرن السـابع عشر أنهم شاهدوه، وليس لـدينا من سبب للشك في تقاريرهم عن مدركاتهم أكثر مما لدينا بالنسبة لتقاريرنا. ولكن إذا ما وقف باحث معـاصر أمام نفس الجهاز فإنه سـوف يشاهد تنـافرا كهروستاتيكيـا (بدلا من ارتـداد ميكـانيكي أو تجاذبى). غير أن التنـافر الكهـروستـاتيكى لم يكن ينظـر إليـه تاريخيا على أنه كذلك باستثنـاء واحد فقط اتفق الجميع على إغفاله. وظل الأمر على هـذا النحو إلى أن جـاء هوكسبي بجهـازه الضخم الذي كبر لـدرجه هـائلة النتـائج المترتبة عليـه. غير أن التنافـر الحادث نتيجة التماس الكهـربائى لم يكن سـوى نتيجة واحدة من بين نتـائج جديدة كثيرة شاهـدها هوكسبي تحدث بفعل التنافـر. وحدث مع هـوكسبي مثلما يحدث في التحول الجشطلتي، إذ أصبح التنـافـر فجأة في أبحاثـه الظاهـرة الأساسية الدالـة على التكهرب، وأصبح التجاذب بذلك هـو الشيء الذي يستلزم تفسيرا له [٨]. وكانت الظواهر الكهربائية المرئية في مطلع القرن الثامن عشر أدق وأكثر تبـاينا من تلك التي كان يشـاهدها البـاحثون خلال القـرن السابع عشر. ونعـود لنقول إنـه بعـد استيعاب النمـوذج الإرشادى الـذي قـدمه فـرانكلين أصبح أخصائي الكهـرباء حين ينظر إلى وعـاء ليدن يرى شيئا آخـر مغايرا لما كـان يراه قبل ذلك. وأصبح الجهـاز مكثفـا، أو جهـاز تكثيف، في غير حاجـة إلى أن يكـون على شكل زجـاجـة أو على شكل وعـاء. وبدلا من ذلـك تركـز الاهتمام أولا على غـلافي التوصيـل الخارجيين ـ ولم يكن أحـدهما جزءا من الجهـاز الأصلى وتشهد المنـاقشات المكتوبـة والتوضيحـات المرسومـة بأن صفيحتين معـدنيتين بينهما عازل قـد أصبحتا النمـوذج المعبر عن هذا النـوع من الأجهـزة [٩]. وحـدث في ذات الـوقت أن قـدم البـاحثون تفسيرا جديدا لنتائج أخرى للتوصيل الكهربي عن طريق التأثير، بينما كانت لا تزال هناك نتائج غيرها يلحظونها لأول مرة.

(٨) Duane Roller and Duane H. D. Roller, "The Development of the Concept of Electric Charge" (Cambridge, Mass., 1954), pp. 21-29.

(٩) انظر الدراسة في الفصل السابع والمراجع المشار إليها في الهامش رقم ٩ في ذلك الفصل.

وغني عن البيـــان أن هــذه التحـــولات لم تكن قــاصرة فقـط على مبحثى الفلك والكهرباء. فقد سبق أن لحظنا بعض التحـولات المماثلة في مجال الرؤية البصرية التى يمكن استنبـاطها مـن تاريخ الكيميـاء. وقلنـا إن لافوازييـه رأى الأكسجين فيما رآه بـريستلى هواء خـاليا من عنصر الفلـوجستـون، أو حيث لم ير آخـرون أي شيء على الإطلاق. ولكن لافوازييه لكي يتعلم رؤية الأكسجين وجـد لزاما عليه أن يعدل من طريقتـه في النظر إلى عـدد من المواد الأخرى المألوفـة للغايـة. مثال ذلك أن مـا كان بريستلى ومعـاصروه يرونـه تربة أوليـة أصبح يراه لافـوازييه خامـا مركبـا دون ذكر أى تغييرات حدثت. ويمكـن القول أن لافوازييـه رأى الطبيعة على نحـو مغايـر نتيجة لاكتشاف الأكسجين على أقل تقدير. وفي حالة عـدم اللجوء إلى هذه الطبيعة الثابتة افتراضيا والتي «رآها على نحو مغاير»، فـإن مبدأ الاقتصاد سوف يحثنا على القول بأن لافوازييه أخذ يعمل في دنيا أو عالم مغاير بعد اكتشافه للأكسجين.

وسوف أبحث في عجالة خاطفة عن إمكانية تجنب هذا التعبير الغريب، بيد أننا بحاجـة أولا إلى مثال إضـافي نستمدة من أشهـر أعمال جاليليـو. المعروف أن أغلب الناس منذ زمن مـوغل في القدم شهدوا جسما أو آخر ثقيل الـوزن يترجح يمنة ويسرة وهو معلق بخيط أو بسلسلة حتى يستقر في النهاية. فكان بالنسبة لأصحاب النظرة الأرسطية، الذين اعتقـدوا أن أي جسم ثقيل الوزن إنما يتحرك بحكم طبيعتـه الذاتية من وضع أعلى إلى حالة من الاستقـرار الطبيعى عند وضع أدنى، وأن الجسم المترجح إنما يهبط بصعوبة. ونظرا لأن السلسلة تقيد حـركته فإنه لن يستقر إلا عند أدنى نقطة له بعد فترة من الـزمن يتحرك خلالها حركـات متموجة. أما جـاليليو فقد ذهب على العكس من ذلك حين تطلع إلى الجسم المترجح، إذ رأى فيـه بندولا، أي جسما نجح في تكـرار ذات الحركة مـرات ومـرات إلى ما لا نهايـة. وبعـد أن تأمل جـاليليو هـذا البندول مرارا لحظ فيه خصائص أخرى للبندول وبنى على أساسها القسط الأكبر من العناصر الأصلية والهامة لنظريته الجديدة في الديناميكا. واستنتج جاليليو على سبيل المثال من خصائص البندول حججه الكاملة والصحيحة عن استقلال الثقل ومعدل سرعـة السقوط وكـذا عن العلاقـة بين الارتفاع الـرأسى والسرعة الحديـة للحركـات

الهابطة فوق المسطحات المائلة (١٠). ولقد رأى جميع هذه الظواهر الطبيعية من زاوية مختلفة عن الزاوية التى كان يُنظر إليها من خلالها قبل ذلك.

لماذا حدث هـذا التحول في الـرؤية؟ السبب هـو بطبيعة الحال عبقـرية جـاليليو كفـرد. ولكن لنـلاحظ أن العبقـرية لا تتجلى هنـا في صـورة مـلاحظة أكثـر دقـة أو موضوعية للجسم المترجح، إذ يمكن القول من الناحية الوصفية أن الإدراك الأرسطى دقيق بنفس الدرجة. وعندمـا أفاد جاليليو بأن مدة ذبذبـة البندول مستقلة عن سعة الذبذبة بـالنسبة للسعات التي تبلغ ٩٠° فإن نظرته إلى البنـدول قادته إلى حيث رأى انتظاما أكثر مما نستطيع الآن أن نكتشفه هناك (١١). والواقع أن الأمر ينطوى فيما يبدو على استغـلال العبقريـة للإمكـانية الإدراكيـة التي هيأها التحـول عن النموذج الإرشـادى للعصر الـوسيط. ذلك أن جـاليليـو لم تجر تنشئتـه كعـالم وفق القـالب الأرسطى تماما. بل إنه على العكس تدرب على تحليل الحركـات في ضوء نظرية الزخم أو كمية التحـرك، وهو نمـوذج ظهر في الفترة المتأخـرة من العصر الوسيـط ويرى أن الحركة المتصلة لجسـم ثقيل ترجع إلى قوة باطنيـة غرسها فيه القـاذف أو المحرك الذي حرك الجسم بداية. ونعرف أن جين بـوريدان ونيقولا أوريزم من العلماء المدرسيين في القرن الرابع عشر قد وضعا نظـرية الزخم في أكمل صيغة لها، وهما أول من نعرف من العلماء اللذين رأوا في الحركـة التذبذبيـة كل ما رآه فيهـا جاليليو. إذ يصف بـوريدان حركة الوتر في حالة الاهتزاز بأنه وترغرست فيه كمية الحركة بادىء ذي بدء عند ضرب الوتر، ثم استنفدت كمية الحركة ثانية بسبب إزاحة الوتر ضد مقاومة توتره، ثم تدفع الشدة أو التوتـر الوتر إلى العودة ثانيـة، فتغرس مزيدا من الـزخم إلى أن يتم الوصول إلى نقطة الوسط للحركة، بعد ذلك يـزيح الزخم الوتر إلى الاتجاه المقابل، ويتم ذلك مرة ثـانية بقدر شـدة الوتر، وهكـذا تطرد العمليـة على نحو متماثل بحيث يمكن أن تستمر دون تحديـد. وفي فترة تالية خـلال القرن نفسه حـدد أوريزم المعالم الأسـاسية لتحليل مشـابه للحجـرةالمترجح على النحـو الـذي يبدو لنـا الآن كأول دراسـة عن

---

(١٠) Galileo Galilei, "Dialogues Concerning Two New Sciences", Trans. H. Crew and A. de Salvio (Evanston, Ill., 1946), pp. 80-81, 162-66.

(١١) نفس المرجع ـ ص ٩١ ـ ٩٤ ، ٢٤٤.

البنــدول [١٢] . ومن الواضح أن نظرتـه قريبة جدا من نظرة جـاليليو التي عالج بها موضع البنـدول . ولقد تيسرت هذه النظرة عنـد أوريزم على الأقل بل وعند جـاليليو على نحـو شبـه يقيني ، بفضل التحــول عن النمـوذج الإرشـادى الأرسطى الخاص بالحركـة إلى النموذج الإرشـادى المدرسي «الإسكولائى» عن الـزخم . إذ لم يكن هناك بندول قبل اختراع هذا النموذج الإرشادى المدرسي لكى يشاهده العلماء ، وإنما كانت هنـاك فقط الأحجار المترجحـة . ولقد نشأت البنـدولات نتيجة شيء شـديد الشبـه بالتحول الجشطلتي بفعل النموذج الإرشادى .

ومع هـذا هل نحن بحـاجة حقـا إلى وصف مـا يمايـز جاليليـو عن أرسطـو ، أو لافـوازييه عن بـريستلى ، بأنه تحول في الـرؤية؟ هل رأى هـؤلاء الناس حقـا ، بمعنى الرؤيـة البصرية ، أشيـاء مغايرة عنـدما تطلعـوا إلى أشياء من نفس النـوع؟ وهل ثمة معنى مقبول عقـلا يدعـونا إلى القول بـأنهم تابعوا أبحـاثهم في عوالم مختلفـة؟ لم يعد بالإمكان إرجـاء مثل هذه الأسئلة ذلك لأن هناك كما هو واضح سبيلا أخـرى مألوفة لنا أكثـر من سواها لـوصف جميع الأمثلة التـاريخية التي أسلفنا الإشـارة إليها إجمالا . وإنى على يقين من أن قراء كثيرين سوف تحدوهم الرغبـة في القول بأن ما يتغير نتيجة النموذج الإرشادى هو فقط تأويل رجل العلم للمشاهدات التي هي شيء ثابت مرة وإلى الأبد بحكم طبيعة البيئة والجهاز الإدراكى الحسى . وحسب هذا الرأي فقد رأى كل من بريستلي ولافـوازييه الأكسجين ، ولكن كـلا منهما فسر مشاهداتـه على نحو مغـاير لـلآخـر . وكذلك فعل أرسطـو وجـاليليو ، إذ رأى كل منهما البنـدول ولكنهما اختلفا في تفسير ما رآه كل منهما .

وليسمح لي القـاريء بأن أقول إن هـذه النظـرة الشائعـة عما يحدث عندمـا يغير العلماء تفكيرهم بشأن أمـور أسـاسية لا يمكـن أن تكون كلهـا خطأ ولا مجرد سـوء فهم . والصحيح أنها جزء أساسي من نموذج إرشادى فلسفى استهله ديكارت وتطور في الوقت ذاتـه ليصبح ديناميكا نيوتن . ولقـد أفاد هذا النموذج الإرشـادى كلا من

(١٢) M. Clagett, "The Science of Mechanics in the Middle Ages" (Madison, Wis., 1959), pp. 537-38, 570.

العلم والفلسفة على السواء. وكان استثماره، مثلما كان استثمار الديناميكا ذاتها، عملا مجديا في سبيل الحصول إلى فهم أساسي ربما لم يكن بالإمكان الوصول إليه بطريقة أخرى. ولكن، وكما يشير مثال ديناميكا نيوتن فإن النجاح المذهل الذي تحقق في الماضي لا يكفل أي ضمان بإمكانية إرجاء الأزمة لمدة غير محددة. وها نحن اليوم نجد العديد من البحوث في مجالات الفلسفة وعلم النفس وعلم اللغة بل وفي تاريخ الفن تجمع كلها علي الإشارة إلى أن ثمة خطأ ما في النموذج الإرشادى التقليدى. ووضح هذا النشوز بصورة متزايدة بفضل الدراسة التاريخية للعلم التي نركز جل اهتمامنا عليها هنا بالضرورة.

ولكن لاشيء من هذه المشكلات المسببة للأزمة قدم حتى الآن نظرية بديلة قابلة للحياة يمكن أن تحل محل النموذج الإرشادى المعرفي «الأبستمولوجي» التقليدى، وإن كانت بدأت تشى بما ستكون عليه بعض خصائص هذا النموذج الإرشادى. فأنا على سبيل المثال أعى بصورة حادة الصعاب الناجمة عن القول بأن أرسطو وجاليليو حين نظرا إلى الأحجار المترجحة رأى الأول سقوطا قسريا، بينما رأى الثاني بندولا. ونجد المشكلات ذاتها ماثلة في الجمل الافتتاحية التي بدأت بها هذا الفصل، وإن بدت في صيغة أكثر أساسية حين قلت: على الرغم من أن العالم حولنا لا يتغير بتغير النموذج الإرشادى إلا أن الباحث العلمى يعمل بعد ذلك في عالم مغاير. بيد أننى مع هذا مقتنع بأن علينا أن نتعلم كيف نتفهم الجمل التي من هذا النوع على أقل تقدير. إن ما يحدث أثناء الثورة العلمية لا يمكن رده بالكامل إلى مجرد تفسير جديد لمعطيات مستقلة وثابتة. فالمعطيات أولا ليست ثابتة بصورة مطلقة. إن البندول ليس حجرا ساقطا، كما وأن الأكسجين ليس هواء خاليا من الفلوجستون. ومن ثم فإن المعطيات التي يجمعها العلماء من هذه الموضوعات المتباينة هي ذاتها، كما سنرى بعد قليل، موضوعات مختلفة. والأهم من ذلك أن العملية التي يجتاز خلالها الفرد أو المجتمع المسافة الفاصلة بين حالة السقوط القسرى وبين البندول أو الانتقال من الهواء الخالى من الفلوجستون إلى الأكسجين ليست بالعملية التي تشبه التفسير. إذ كيف تكون كذلك مع وجود معطيات ثابتة لكي يفسرها الباحث

العلمى؟ إن العالم الذي يـؤمن بنموذج إرشادى جديد ليس مفسرا بل أشبـه بالرجل الـذي يضع على عينيـه عدسـات عـاكسة. إذ على الـرغم من أنـه يـواجـه مجموعـة الموضوعـات ذاتها كما واجهها من قبل، ويعرف أنـه يفعل ذلك، إلا أنه يجدهـا وقد تحولت تحولا كاملا في كثير من تفاصيلها.

ليس المستهدف من أى من هـذه الملاحظات القـول بأن العلماء لا يفسرون عادة المشاهدات والمعطيـات المتاحة لهم. بل على العكس، فقد فسر جاليليو مشـاهداته للبنـدول وكذا فسر أرسطـو مشـاهـداته لـلأحجـار الساقطـة، وفسر مـوشينبرويك مشاهداته للوعاء المشحون، وفسر فرانكلين مشاهداته للمكثف. غير أن كل تفسير من هذه التفسيرات جاء انطـلاقا من نموذج إرشادى. لقد كـانت جميعها أجزاء من علم قيـاسى ومشروعـا يهدف، كما رأينـا من قبل، إلى صقل نمـوذج إرشـادى قـائم بالفعل، وتوسيع نطاقة، وإحكام صياغته. وعرض الفصل الثالث نماذج كثيرة كان للتفسير فيها دور مـركزي. وتجسد تلك الأمثلة الغـالبية الساحقـة من البحث. وقد عـرف البـاحث العلمى في كل منهـا، وبفضل نمـوذج إرشـادى مقبـول، مـا هي معطيات المشكلـة المطروحة؟ ومـا هي الأدوات التي يمكن استخدامها لحلهـا؟ وما هي المفاهيم الملائمة لكي تـوجه تفسيره؟ فحيث يكون هناك نمـوذج إرشادى يغدو تفسير المعطيات أمرا مركزيا للمشروع الذي يكشف عنها.

ولكن هذا المشروع التفسيرى ـ وهذا هو مناط الفقرة قبل الأخيرة ـ لا يمكنه إلا أن يحكم صوغ النمـوذج الإرشادى لا أن يصححـه. فالنماذج الإرشاديـة لا يصححها العلم القياسى على الإطلاق. وإنما يقودنا العلـم القياسى فقط آخر الأمر، وكما رأينا من قبل، إلى التسليم بمظاهر الشذوذ، والاعتراف بالأزمات. ولا ينتهى هذا كله إلى التروى والتفسير بل إلى حـدث فجـائى نسبيـا وغير محدد المعـالم تمامـا، مثلـه كمثل التحول الجشطلتي، أى إلى انقـلاب في رؤية الأشكـال. وغالبا مـا يتحدث العلماء آنذاك عن «سقـوط الغشاوة عن العينين» أو عن «ومضة البرق» التى «تغمر بنـورها» لغزا بدا غـامضا فيما مضى بحيث تكشف عن عناصره التى تتجلى في صـورة جديدة

تساعد لأول مرة على حله. ويومض هذا الضوء في مناسبات أخرى أثناء النوم (١٣).
ونحن لا نجد معنى عاديا مألوفا لمصطلح «تفسير» يطابق ومضات الحدس هذه والتي يتولد عنها نموذج إرشادى جديد. وعلى الرغم من أن حالات الحدس هذه رهن بالخبرة سواء أكانت خبرة شاذة أو متطابقة ومكتسبة في إطار النموذج الإرشادى القديم، إلا أنها لا ترتبط منطقيا ولا جزئيا بعناصر محددة من تلك الخبرة كما هو الحال بالنسبة للتفسير. وإنما هي بدلا من ذلك تضم أجزاء كبيرة من تلك الخبرة وتحولها إلى حزمة من الخبرة مغايرة لها تماما، وهذه سترتبط تدريجيا بعد ذلك بالنموذج الإرشادى الجديد دون القديم.

وحتى نعرف المزيد عما يمكن أن تكون عليه هذه الفوارق في الخبرة، نعود لحظة إلى أرسطو وجاليليو وموضوع البندول. ما هي المعطيات التي توفرت لدى كل منهما نتيجة تفاعل النموذج الإرشادى، وهو مختلف عند كل منهما، مع البيئة، وهي مشتركة بينهما؟ إن الباحث الأرسطى حين يرى السقوط القسرى سيعمد إلى قياس (أو على الأقل إلى دراسة ـ إذ نادرا ما كان الباحث الأرسطى يقيس) ثقل الحجر، والارتفاع الرأسى الذي ارتفع إليه، والزمن اللازم له حتى يثبت ويستقر. ونضيف إلى ما سبق مقاومة الوسط، وبذا تكتمل المقولات المفاهيمية التى اعتاد أن يستخدمها العلم الأرسطى عند تناول موضوع جسم ساقط (١٤) وغنى عن البيان أن البحث القياسي الذي يسترشد بهذه المقولات لم يكن بوسعه الوصول إلى القوانين التي اكتشفها جاليليو. وكل ما كان يمكن أن تفعله ـ وعبر سبل أخرى مغايرة ـ هو الوصول إلى سلسلة من الأزمات، التي انبثقت عنها نظرة جاليليو إلى الحجر المترجح. ولقد رأى جاليليو بالفعل الحجر المتأرجح رؤية مختلفة تماما نتيجة تلك الأزمات علاوة على

---

(١٣) (Jacques) Hadamard, "Subconscient intuition, et logique dans la recherche scientifique" (Conférence faite au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945 [Alençon, n.d.]), pp. 7-8.

ونجد عرضا أكثر شمولا، وإن اقتصر على الابداعات الرياضية، في كتاب للمؤلف نفسه عنوانه:
"The Psychology of Invention in the Mathematical field".

(١٤) T.S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments," in Mélanges Alexandre Koyré, ed. R. Taton and I. B. Cohen, to be published by Hermann (Paris) in 1963.

تغيرات فكـريـة أخرى. إن أعمال أرشميـدس بشأن الأجسـام الطـافيـة لم تجعل من الوسط عنصرا جوهريا، وكذلك نظرية الزخم جعلت الحركة تماثلية وثابتة، ووجهت الأفلاطونية الجديدة انتباه جاليليو إلى الصورة الدائرية للحركة) (١٥). ولذلك عاير فقط الثقل ونصف القطر والإزاحة الزاوية والزمن بـالقياس إلى كل حركة من حركات الترجح أو الذبذبـة، وهذه هي بالتحديد المعطيات التى يمكن تفسيرهـا للوصول إلى قوانين جـاليليو الخاصـة بالبندول. وحتى في هـذه الحالة كـان التفسير سطحيا وغير ضرورى. ولكن بنـاء على النماذج الإرشاديـة التى عمل جـاليليـو في إطارهـا كـانت الحركات المنتظمة الشبيهـة بحركات البندول قابلة للفحص والـدراسة. إذن كيف لنا أن نفسر بطريقة أخرى اكتشاف جاليليو أن مـدة ذبذبة كرة البندول مستقلة تماما عن سعة الذبذبة، وهو اكتشاف كـان لا بد للعلم القياسى النابع من جاليليو أن يلغيه، ونحن اليوم عاجـزون تماما عن إثباته بـالوثائق. إن ظواهـر انتظام الحركة التى لم يكن بإمكان الباحث الأرسطى التفكير فيها أو أن يتصورها (والتى لا تعطي الطبيعة مثالا لها في واقع الأمر) إنما كـانت نتائج خبرة مبـاشرة للإنسان الـذى رأى الحجر المترجح بطريقة جاليليو.

قد يكون هـذا مثالا ممعنا في الخيال نظـرا لأن الأرسطيين لم يسجلوا دراسات عن الأحجار المترجحة. إذ كان هذا في ضوء نمـوذجهم الإرشادى يمثل ظاهرة مركبة غير مألوفـة. ولكن الأرسطيين درسوا يقينا الحالـة الأبسط، وهي الأحجار السـاقطة دون أسباب قسرية غير مألوفة، وكانت نفس هـذه الاختلافات في الرؤية واضحة هناك. ولقد كان أرسطو يرى في الحجر الساقط تغيرا في حالته ولم ير عملية تحدث. وفي رأيه أن المعايير الملائمة لقيـاس الحركة هي بناء على ذلك إجمالى المسافـة المقطوعة وإجمالى الـزمن المنقضى، فهذان عنـده هما المَعْلمان اللذان ينتجـان ما يمكن أن نسميـه الآن معدل السرعة وليس السرعة (١٦). وبالمثل فنظرا لأن الحجر مكره بحكم طبيعته على

(١٥) A. Koyré, "Etudes Galiléennes" (Paris, 1939), I, 46-51; and "Galileo and Plato," Journal of the History of Ideas, IV (1943), 400-428.

(١٦) Kuhn, "A Function for Thought Experiments," in Mélanges Alexandre Koyré (see n. 14 for full citation).

بلوغ نقطة ارتكـازه أو استقراره الأخيرة فقد رأى أرسطو أن معلم المسـافة الملائم عند أى لحظـة من لحظات الحركـة هو المسـافة إلى أو حتى، نقطـة النهايـة الأخيرة وليس المسافة من منشأ الحركة[١٧] . وتشكل هذه المعالم المفاهيمية الأساس ومدلول غالبية «قوانين الحركة» المعروفة عنه . غير أن النقد المدرسى «الاسكولائي» غير هذه الطريقة في النظر إلى الحركة وحدث ذلك جزئيا من خلال النموذج الإرشادى عن الزخم، كما جاء من ناحيـة أخرى بفعل مبدأ عرف بإسم نطـاق أو مدى الأشكال Latitude Of Rarms فالحجر يتحرك بفعل زخم يتناقص منه كلما ابتعد عن نقطة البداية . وهكذا أضحت المسـافـة من وليست المسـافـة إلى هي المَعْلم الملائم . عـلاوة على هـذا فَـرَّعَ المدرسيون مفهـوم أرسطو عـن السرعة إلى فـرعين وهما المفهومـان اللذان أصبحـا بعد جاليليو يعـرفان عندنا بمعدل السرعـة والسرعة الآنية . ولكن إذا ما نظـرنا إلى الحجر الساقط من خلال النمـوذج الإرشادى الذي يشكل هذان المفهومـان جزءا منه، فإن الحجر الساقط، شأنـه هنا شأن البندول، سيكشف عن القوانين الحاكمـة له بمجرد النظر إليـه . ولم يكن جاليليـو من أول العلماء الذين أفادوا بـأن الأحجار تسقط وفق حركة منتظمة التسارع[١٨] . زيادة على ذلك فقد استحدث نظريته عن هذا الموضوع بالإضافـة إلى الكثير من النتائج المترتبة عليها قبل أن يجرى تجاربـه على سطح مائل . وكانت هذه النظرية عنصرا آخر في شبكـة هذه الظواهر الجديدة المنتظمة التي أمكن الوصول إليها بفضـل عبقرية تعيش في عالم حددته معـا الطبيعة والنماذج الإرشادية، وكان هذا العالم هو البيئة التى تربى في كنفها جاليليو ومعاصروه . وحيث أن جاليليو كان يعيش في ذلك العالم، فقد كان بمقدوره، إذا شاء، أن يفسر لماذا رأى أرسطو ما رآه . غير أن المحتـوى المباشر لخبرة جـاليليـو بشأن الأحجـار الساقطـة لم يكن، على الرغم من هذا، هو محتوى خبرة أرسطو.

وليس واضحـا أبدا بطبيعـة الحال أننا بحاجـة إلى أن نشغل أنفسنـا إلى هذا الحد بموضـوع الخبرة المباشرة» ـ أي بـالقسمات الإدراكية الحسيـة التى يركز عليهـا نموذج

(١٧) Koyré, Etudes..., II, 7-11.

(١٨) Clagett, op. cit., chaps, iv, vi and ix.

إرشادى تركيزا شـديدا بحيث تتبدى لنا في يسر مظاهر الانتظـام فيها فور تفحصها . إذ لا بد وأن تتغير هذه القسمات بوضوح مع التـزام الباحث العلمى بنموذج إرشادى جديد، ولكنها أبعـد ما تكون عما يدور عادة في ذهننا عنـدما نتحدث عن المعطيات الأولية أو الخبرة الخام التى ينطلق منهـا البحث العلمى حسب ما هو مشهـور عنه . ولعل الأوفق أن تطرح جـانبا الخبرة المبـاشرة باعتبارهـا سيالا عـديم القوام، ومن ثم ينبغى علينا أن ندرس بـدلا من ذلك العمليات والقياسات الموضـوعية المحددة التي يجربها الباحث العلمى داخل معمله . أو لعل ما ينبغى أن نفعله هو أن نمضى قدما بالتحليل إلى مـا هو أبعـد من المعطى المباشر. إذ يمكن على سبيل المثـال إجراء ذلك على أساس لغـة مشاهـدة حياديـة . ولعلها تكـون لغة مخصصة على نحـو يتسق مع الانطباعات الشبكية التى يرى بواسطتها ما يراه الباحث العلمي . ذلك أننا نأمل من خلال إحدى هـذه الوسائل فقط أن نسترد مجالا تعود فيه الخبرة ثـابتة ومستقرة دائما - حيث لا يكـون البندول والسقـوط القسرى مدركين حسيين متغـايـرين، بل يكونـان تفسيرين مختلفين لمعطيات واضحة تزودنا بها مشاهدتنا لحجر مترجح .

ولكن هل الخبرة الحسيـة ثابتـة ومحايدة؟ أليست النظـريات سـوى تفسيرات من صنع الإنسان لمعطيات مدركة حسيا؟إن وجهة النظـر المعرفية «الابستمولوجية» التى اهتدت بها في غـالب الأحيان الفلسفـة الغربيـة على مدى ثلاثـة قرون، تفـرض فورا وبصـورة مطلقة الإجـابة بنعم! ونظـرا لعدم وجـود بديل واضح مكتمل، أجـد من المستحيل عَلَيّ التخلى كلية عن وجهة النظر هذه . بيد أن نتـائجها لم تعد مرضية تماما الآن، ويبـدو أن لا أمل في جميع المحاولات المبـذولة لجعلهـا تقوم بـدورها على هـذا النحو من خلال استخدام لغة محايدة للمشاهدات .

إن العمليـات والقياسـات التي يلتـزم بها الباحث العلمى داخل معملـه ليست «معطيـات» الخبرة بل الأصح أنها «حصـاد المعانـاة» . إنها ليست هي مـا يـراه رجل العلم على الأقل ليست كـذلك قبل أن يتقدم وينضـج بحثه ويتركـز انتباهـه . وهي بالأحرى مـؤشرات واقعية محددة دالة على محتوى مدركات حسيـة أكثر أولية، ويجرى انتقاؤها من حيث هي كـذلك بغية الفحص الدقيق لموضوع الـدراسة في إطار العلم

القياسى، لا لشىء إلا لأنها تعد أو تبشر بتهيئة فرصة لصياغة مثمرة لنموذج إرشادى مقبول. ويحدد النموذج الإرشادى مقدما العمليات والقياسات على نحو أوضح كثيرا من تحديد الخبرة المباشرة المستمدة منها جزئيا. فالعلم لا يبحث في كل ما يمكن معالجته داخل المعمل. وإنما يعمد بدلا من ذلك إلى انتقاء كل ما هو وثيق الصلة وله أهمية لمضاهاة النموذج الإرشادى مع الخبرة المباشرة التي يحددها النموذج الإرشادى جزئيا. ونتيجة لذلك نجد العلماء الذين يعملون وفق نماذج إرشادية مختلفة يعكفون على معالجات معملية متباينة. فالقياسات التى يجرى تطبيقها على البندول غير القياسات المناسبة لحالة السقوط القسرى. وكذلك العمليات الملائمة لبيان خصائص الأكسجين ليست دائما هي نفس العمليات اللازمة لبحث خصائص الهواء الخالي من الفلوجستون.

أما عن لغة المشاهدة البحتة فلعلها مشروع قد يبتكره شخص ما. ولكن أملنا في تحقق هذا الاحتمال، على الرغم من مضى قرون ثلاثة بعد ديكارت، لا يزال رهنا بالوصول إلى نظرية عن الإدراك الحسى والعقلي. ونحن نعرف أن تجارب علم النفس الحديث تفضى سريعا إلى وفرة في الظواهر التي يكاد يتعذر على هذه النظرية معالجتها. فها هي تجربة البط ــ والأرانب تكشف عن أن رجلين لديهما ذات الانطباعات الشبكية يمكنهما أن يريا الأشياء مختلفة، كما تثبت العدسات العاكسة أن بإمكان رجلين لديهما انطباعات شبكية مختلفة أن يريا الشيء ذاته. ويزودنا علم النفس بكم هائل من الشواهد والبراهين الأخرى التى تثبت النتيجة نفسها، كما أن الشكوك التى تثيرها تتزايد وتقوى عند تأمل تاريخ المحاولات التى استهدفت وضع لغة حقيقية للمشاهدة. ولم يتسن بعد لأى محاولة راهنة لبلوغ هذا الهدف الاقتراب كثيرا من وضع لغة للمدركات الحسية البحتة وتكون قابلة للتطبيق بوجه عام. وتلك المحاولات التي باتت قاب قوسين أو أدنى من الهدف المنشود تجمع بينها خاصية مشتركة تدعم بقوة الكثير من الأطروحات الأساسية التي تتبناها دراستنا هذه. إذ تفترض بداية وجود نموذج إرشادى، مستمد إما من نظرية علمية سائدة أو من جانب من جوانب لغة الخطاب اليومي، ثم تنزع إلى تجريد أى منهما من كل العبارات

غير المنطقية أو الدخيلة على الإدراك الحسى. وقد حقق هذا الجهد تقدما بعيد المدى في بعض مجالات البحث ووصل إلى نتائج مذهلة. وليس ثمة ما يدعو إلى الريبة في أهمية متابعة هذا النوع من الجهود غير أن نتيجتها تمثلت في لغة - شأنها شأن اللغات المستخدمة في العلوم - تنتظم كما هائلا من التوقعات بشأن الطبيعة، وتخفق في أداء دورها إذا ما تبين زيف هذه التوقعات. ويشدد نلسون جودمان تحديدا على هذه النقطة أثناء عرضه لأهداف كتابه «بنية الظاهر حيث يقول: » من حسن الحظ أن الشك لا يمتد إلى أكثر من ذلك (أي أكثر من الظواهر التي نعرف أنها موجودة)، ذلك لأن مفهوم الحالات «الممكنة» أي الحالات غير الموجودة ولكن كان بالإمكان أن توجد، أبعد ما يكون عن الوضوح(١٩). معنى هذا أن أي لغة قاصرة فقط على إخبارنا عن عالم معروف مقدما بالكامل لا يمكن أن تقدم لنا بيانات محايدة وموضوعية خالصة بشأن «المعطيات الحسية». ولم يتسن بعد للبحث الفلسفي أن يقدم لنا ولو إلماحة عن صورة تلك اللغة التي يمكن لها أن تفعل ذلك.

ولنا على الأقل في مثل هذه الظروف أن نفترض أن العلماء على صواب من حيث المبدأ وكذا من حيث التطبيق، عندما يعالجون الأكسجين والبندول (وربما أيضا الذرات والالكترونات) باعتبارها المقومات الأساسية لخبرتهم المباشرة، . ونتيجة للخبرة المتضمنة في النموذج الإرشادى عن العرق والثقافة، وأخيرا عن المهنة، أصبحت دنيا الباحث العلمى مأهولة بالكواكب والبندولات والمكثفات والخامات المركبة وغير ذلك من أجسام مماثلة. وإذا قارنا موضوعات الإدراك الحسى هذه

(١٩) N. Goodman, "The Structure of Appearance" (Cambridge, Mass., 1951), pp. 4-5.
ويستحق هذا النص أن نعرضه بتفصيل أكثر: إذ كان جميع سكان ولمنجتون في عام ١٩٤٧ ودون سواهم من يتراوح وزنهم ما بين ١٧٥ و١٩٨٠ رطلا يتصفون بأن شعر رأسهم أحمر، إذن فإن أصحاب الشعر الأحمر من سكان ولمنجتون عام ١٩٤٧ وسكان ولمنجتون عام ١٩٤٧ ممن يتراوح وزنهم ما بين ١٧٥ و١٨٠ رطلا يمكن الربط بينهما وضمها في تعريف بنيوى.
ومن ثم لا مجال للسؤال عن إمكان وجود شخص ما في الماضي تصدق عليه هذه الصفة دون الأخرى. . . . . . . إذ ما أن نقرر أن ليس هناك مثل هذا الشخص. . . . يصبح من الملائم عدم التساؤل عن أي شيء آخر. ذلك لأن مفهوم الحالات «الممكنة» أي الحالات غير الموجودة وإنما كان يمكن أن تكون موجودة، أبعد ما يكون عن الوضوح.

بقـراءات أدوات قيـاس مثـل المتر وانطبـاعـات الشبكيـة نجـد أن هـذه القـراءات والانطبـاعات صـورةذهنية محكمـة، ولا يتسنى للخبرة أن تصل إليها مبـاشرة إلا إذا حرص الباحث العلمى، وفاء لأغـراض بحثة الخاصة، على أن يحدث هذا الاتصال مع هذه أو تلك. وهذا لا يعني ضمنا أن البندول على سبيل المثال هو الشيء الوحيد الـذي يمكن أن يراه البـاحث العلمي حين يتطلع إلى حجر مترجح. (فقـد سبق أن أوضحنـا أن بـاحثين عضـوين في جماعـة علميـة أخـرى رأيـا فيـه مظهـرا للسقـوط القسرى). ولكن المقصود، على العكس من ذلك هو بيان أن الباحث العلمى الذي يتطلع إلى حجر مترجح قد لا تتأتى له الخبرة التي هي من حيث المبدأ أبسط من مجرد رؤيـة بندول. وليس البـديل رؤيـة افتراضية «ثـابتـة»، بل رؤيـة من خلال نمـوذج إرشادى آخر يجعل الحجر المترجح يبدو شيئا آخر مغايرا.

كل هذا قد يبـدو معقولا لو أننا تذكـرنا ثانية أنه لا العلماء ولا العـامة من الناس يتعلمـون أن يـروا العالم حـولهم جـزءا جـزءا أو بندا بنـدا. فما لم تكن جميع المقـولات المفاهيمية والاجرائية معدة مقدما ـ أي، كمثال، من أجل اكتشاف عنصر إضافي من عناصر ما وراء اليورانيوم، أي له عدد ذرات أكبر من اليورانيوم أو من أجل إلقاء نظرة على بيت جديد ـ فإن كلا من العلماء والعامة على السواء يفرزون مجالات بأكملها جملة واحدة من بين سيـال الخبرة. فالطفل الذي يتعلم كيف يحول كلمة «مـاما» ليخص بها جميع النساء دون بقية البشر، ثم يخص بها أمه دون النساء جميعا، إنه لا يتعلم مجرد معنى كلمة «ماما» أو من تكون أمه. إنه يتعلم في آن واحد بعض الفوارق بين الذكور والإنـاث، مثلما يتعلم شيئـا عن سبل سلـوك امـرأة واحدة بـذاتها تجاهـه دون بقيـة النساء. وتتغير تبعا لذلك استجاباتـه وتوقعاته ومعتقداته، بل ويتغير القسط الأكبر من عالمه المدرك. وبالمثل فإن كوبرنيكـوس وأشياعه الذين أنكروا على الشمس الاسم التقليدي لها «كـوكب» لم يتعلموا فقط معنى «كـوكب» أو ماذا تكـون «الشمس» بل إنهم بدلا من ذلك غيروا معنى كلمة «الكوكب» بحيث تستمر فائدتها في إبراز التمايز بين عنـاصر عـالم بـات الباحثـون يـرون فيـه جميع الأجـرام السماويـة وليس الشمس وحدها، على نحـو مغاير لأسلوب رؤيتهم لها فيما سبق. ويمكن لنـا أن نطبق هذه

الفكـرة نفسهـا على أي من الأمثلـة التي أسلفنـا ذكـرهـا . إذ لكي يـرى البـاحثـون الأكسجين بدلا من الهواء الخالي من الفلـوجستون، أو المكثف بدلا من وعـاء ليدن، أو البندول بدلا من السقوط القسري، إنما كان فقط جزءا من عملية تحول متكاملة في رؤية الباحث العلمـي اشتملت على كم كبير من الظواهر الكيميائيـة أو الكهربية أو الديناميـة ذات الصلة بالموضوع. وهكذا تحدد النماذج الإرشـادية مجالات واسعة من الخبرة في الوقت ذاته.

إذن فبعـد أن تتحدد الخبرة على هـذا النحـو يمكن عندهـا أن يبـدأ البحث عن تحديد إجرائي أو عن لغة مشاهدة بحتة. فالعالم أو الفيلسوف الذي يسأل عن ماهية القياسات، أو عن الانطباعات الشبكية التي تجعل من البندول ماهو عليه، لابد وأن يكون قـادرا بداية على التعـرف على البندول حين يـراه. أما لو رأى بـدلا من البندول حـالة سقـوط قسري فإن سؤالـه ربما لم يكن ليثـار أصلا. وإذا رأى بنـدولا ولكن رآه بنفس الطريقة التي يرى بها شوكة رنانة أو ميزانـا متذبذبا فلن يكون بالإمكان الإجابة على سؤاله. أو لن يكـون بالإمكان على الأقل الإجابة عليه بنفس الطـريقة، لأنه لن يكون نفس السؤال. لذلك، فعلى الرغم من أن الأسئلة عن الانطباعات الشبكية أو عن نتائج معـالجات معملية محددة هي دائما أسئلة مشروعة ومثمـرة من حين إلى آخر بصورة فريدة إلا أنها تفترض مسبقا عـالما مقسما إلى وحدات فرعية وفق أسلوب معين على مستوى المدركـات الحسية والمفـاهيم. ويمكن القول بمعنى من المعـاني أن مثل هـذه الأسئلـة هي أجـزاء من العلم القياسي، ذلـك لأنها تعتمد على وجـود نمـوذج إرشادي، وتتلقى إجابات مختلفة باختلاف النموذج الإرشادي.

وفي سبيل اختتام هذا الفصل، ليسمح لنا القـارىء بأن نسقط من الآن فصاعدا الانطباعـات الشبكية، ونعود لنحصر انتبـاهنا في إطـار العمليات التي تجرى داخل المعمل والتي تزود البـاحث العلمي بمؤشرات عيانيـة محددة، وإن كانت مجزأة، عما رآه بالفعل. وسبق أن لحظنا مـرارا أحد الأساليب الذي يتغير وفقا لـه هذه العمليات الإجرائية داخل المعمل مع تغير النماذج الإرشادية. إذ بعد حدوث ثورة علمية تصبح أكثر القياسـات والمعالجات القديمة غير ملائمة، وتستبـدل بغيرها. فالمرء لا يطبق

على الأكسجين جميع الاختبـارات نفسهـا التي سبق تطبيقهـا على الهواء الخالي من الفلوجستـون. بيد أن التغيرات التي من هذا النـوع ليست تغيرات شاملـة أبدا. فإن أياً ما يراه الباحث العلمي حينئذ فإنه لا يزال بعد الثورة العلمية ينظر إلى العالم ذاته. عـلاوة على هذا فإنـه وإن كان قـد اعتاد في السـابق على استخدام مـايراه على نحـو مغاير، إلا أن الجانب الأكبر من لغته ومن أدواته المعملية لا تزال هي هي مثلما كانت من قبل. ونتيجة لـذلك يشتمل علم ما بعـد الثورة العلميـة دائما وأبدا على كثير من المعالجات نفسها التي يجري أداؤها بنفـس الأدوات، ويجري عرضها بنفس الأسلوب مثلما كـان الحال قبل الثورة. وإذا حـدث، وتغيرت هذه المعـالجات الثابتـة فلابـد أن يكـون التغير ماثـلا إمـا في علاقـاتها بـالنمـوذج الإرشادي أو في نتـائجهـا الواقعيـة المحددة. وأود الإشـارة هنا، ومن خلال عـرض مثال جديـد وأخير، إلى أن كلا من هذين النـوعين من التغير يحدثان بالفعل. إننـا لو تفحصنا أعمال دالتون ومعـاصريه سـوف نكتشف أن عملية واحـدة بذاتها إذا مـا ارتبطت بالطبيعـة من خلال نمـوذج إرشادي مغـاير يمكن أن تتحول إلى مـؤشر دال على جانب مختلف تمامـا من جوانب الانتظام في الطبيعة. زد على هذا أنه سوف يتبين لنا أن المعالجة القديمة سوف تعطي من حين إلى آخر، ومن خلال دورها الجديد، نتائج واقعية مختلفة.

لقـد كان علماء الكيميـاء في أوربا طـوال القـرن الثامن عشر تقـريبا وامتـدادا في التـاسع عشر يـؤمنـون جميعـا بأن الـذرات الأوليـة التـي تتألف منهـا كل العنـاصر الكيميائية إنما تتماسك مـع بعضها بفعل قوى التآلف المتبادل. وهكـذا فإن كتلة من الفضة تظل متماسكـة بفعل قوى التآلف بين جسيمات الفضة (إلى أن جـاء لافوازييه وأصبح مفهـومـا بعده أن هـذه الجسيمات ذاتها مـركبـة من جزيئـات أبسط منهـا). وحسب هـذه النظرية أيضـا فإن الفضة تتحلل في الحامض (أو يـذون الملح في الماء) لأن جزيئات الحامض اجتذبت جزيئات الفضة (أو جزيئات الماء اجتذبت جزيئات الملح) وكانت جاذبيتهـا أقوى من جاذبية جـزيئات هاتين المادتين المذابتين لبعضهما بعضا، أو أن النحـاس قد يذوب في محلـول الفضة وتترسب الفضـة لأن التآلف بين الحامض والنحاس أقوى من التآلف بين الحامض والفضة. ولقد جرى تفسير ظواهر

كثيرة أخرى على هذا النحو. ولقد كانت نظريـة التآلف الانتقائي خلال القرن الثامن عشر نموذجا إرشاديا متميزا في مجال الكيمياء حظي بإعجاب الباحثين في هذا المجال واستخـدم على نطـاق واسع وحقق أحيـانـا نتـائج إيجابيـة في سبيل تصميم وتحليل التجارب الكيميائية [٢٠].

بيد أن نظـرية التـآلف هذه رسمت الخط الفـاصل بين الأخلاط الفيـزيقية وبين المركبات الكيميائية على نحو بات غير مألـوف منذ استيعاب أعمال دالتون. فقد كان علماء الكيمياء في القرن الثامن عشر يعرفون نـوعين من العمليات. فعندما يتولد عن عملية المزج حرارة أو ضوء أو فوران أو شيء آخر من هذا القبيل، يقال إنه قد حدث اتحاد كيميـائي. وإذا أمكن من نـاحية أخـرى التمييـز بين جزيئـات المزيج بـالعين المجردة أو الفصل بينهـا ميكانيكيا يقـال إننا بصدد مـزيج فيزيقي فحسب، غير أن هذه المعايير كـانت فجة قليلة النفع بالنسبة لعـدد كبير جدا من الحالات البينية مثل الملح في الماء، و الأخـلاط المعـدنيـة، والـزجـاج والأكسجين في الغـلاف الغـازي وسواهـا. . الخ. ورأى غالبيـة علماء الكيمياء، التـزاما بـالنموذج الإرشـادي الذي يهتدون به، أن هذا النطاق كلـه من الحالات البينية يدخل ضمن الحالات الكيميائية نظرا لأن العمليات التي تتـألف منها تحكمها جميعها قوى من نفـس النوع. فالملح في الماء، أو الأكسجين مع النتروجين ليسا إلا مثالين لعمليـة اتحاد كيميائي شأنهما شأن الاتحاد الناجم عن أكسدة النحاس. وبدت الحجج المؤيـدة لاعتبار المحاليل بمثابة مركبـات حججا قويـة للغاية. وتأكـد صواب نظـرية التآلف. عـلاوة على هذا فإن تكـوين المركب فسر التجـانس الـذي يشـاهـده البـاحث في المحلـول. إذ لـو كـان الأكسجين والنتروجين على سبيل المثال مجرد خليط فحسب، وليس مركبا في الغلاف الغازي لاستقر الغـاز الأثقل، وهو الأكسجين في القاع. أما دالتـون الذي اعتقد أن الهواء مـزيـج فإنـه لم يستطع أن يفسر بصـورة مقنعـة لماذا لم يحدث ذلك بـالنسبـة للأكسجين. وانتهى الأمر بأن أدى استيعاب نظريتـه الذرية إلى خلق حالة شذوذ لم

(٢٠) H. Metzger, "Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique" (Paris, 1930), pp. 34-68.

تكن موجودة من قبل[٢١] .

وإن المرء قد يستهويه القول بأن الباحثين الكيميائيين الذين اعتبروا المحاليل مركبات كيميائية إنما لا يختلفون عن خلفائهم إلا من حيث موضوع التعريف فحسب . وقد يكون الأمر كذلك بمعنى من المعاني . بيد أن هذا المعنى ليس هو المعنى الذي يجعل التعريفات مجرد اتفاقات اصطلاحية متواضع عليها . إذ لم تكن الأخلاط خلال القرن الثامن عشر تتمايز تمايزا كاملا عن المركبات عن طريق اختبارات إجرائية بل وربما لم تكن تتمايز عنها إطلاقا . وحتى لو كان الكيميائيون قد تطلعوا إلى الوصول إلى مثل هذه الاختبارات لكان عليهم التماس معايير تجعل المحلول مركبا . لقد كان التمييز بين المزيج والمركب جزءا من نموذجهم الإرشادي ، أي جزءا من أسلوبهم في النظر إلى مجمل بحثهم ــ ومن ثم كان هذا التمييز بحكم وضعه هذا له الأسبقية على أي اختبار بذاته يجري داخل المعمل ، وإن لم تكن له الأسبقية على جماع خبرة الكيمياء المتراكمة .

ولكن بينما كان ينظر إلى الكيمياء على هذا النحو ، كشفت الظواهر الكيميائية عن قوانين مختلفة عن تلك التي انبثقت عن تمثل النموذج الإرشادي الجديد لدالتون . ونخص بالذكر هنا أنه في الوقت الذي ظلت فيه المحاليل مركبات ، لم يكن بإمكان أي قدر من التجارب الكيميائية أن تصل بذاتها إلى قانون النسب الثابتة وفي أواخر القرن الثامن عشر ذاع على نطاق واسع أن بعض المركبات تحتوي عادة على نسب ثابتة من وزن مكوناتها . وحدث أن أكد عالم الكيمياء الألماني ريختر وجود مزيد من مظاهر الانتظام بالنسبة لبعض أصناف التفاعلات والتي يشتملها الآن قانون المكافئات الكيميائية[٢٢] . غير أنه لم يفد أي من الباحثين الكيميائيين من مظاهر الانتظام هذه إلا فيما يتعلق بطريقة أداء التجارب ، ولم يفكر أحد حتى نهاية القرن

(٢١) المراجع نفسه ص ١٢٤ ـ ١٢٩ ، ١٣٩ ـ ١٤٨ . ولمزيد من التفاصيل عن دالتون اقرأ :
Leonard K. Nash, "The Atomic-Molecular Theory" ("Harvard Case Histories in Experimental Science," Case 4; Cambridge, Mass., 1950), pp. 14-21.

(٢٢) J. R. Partington, "A Short History of Chemistry" (2nd ed.; London, 1951), pp. 161-63.

تقريبا في تعميمها. وإزاء الشواهد المناقضة الواضحة مثل الزجاج أو الملح المذاب في الماء، تعذر وضع أي قاعدة عامة دون التخلي عن نظرية التآلف، ووضع تصور ذهني جديد لحدود نطاق البحث الكيميائي. وبدت هذه النتيجة واضحة سافرة تماما عند نهاية القرن خلال جدال مشهور دار بين عالمي الكيمياء الفرنسيين بروست وبرتوليت. فقد زعم الأول أن جميع التفاعلات الكيميائية حدثت بنسب ثابتة، وزعم الثاني أنها لم تكن كذلك. وجمع كل منهما شواهد تجريبية لها ثقلها تأييدا لوجهة نظره. ومع هذا طال الحديث وامتد بين الرجلين كأنه حوار طرشان، ولم ينته الجدال إلى نتيجة محددة. فقد رأى برتوليت أن ما يمكن أن يتغير من حيث النسب يعد مركبا، بينما لم ير فيه بروست غير خليط فيزيائي [(٢٣)]. ومثل هذه القضية لن تناسبها التجربة ولا تغيير الاصطلاح المتواضع عليه للتعريف كوسيلة لحسمها. إذ كان الرجلان يقفان عند خطين متعارضين بصورة أساسية تماما مثلما كان الحال بالنسبة لكل من جاليليو وأرسطو.

كان هذا هو الوضع على مدى السنوات التي اضطلع فيها جون دالتون بأبحاثه التي قادته في النهاية إلى نظريته الذرية الكيميائية الشهيرة. ولكن دالتون، وحتى المراحل النهائية من بحوثه هذه، لم يكن باحثا كيميائيا، ولا حتى معنيا بالكيمياء. بل كان رجل أرصاد جوية معنيا لحسابه الخاص ببحث مشكلات فيزيائية تتعلق بامتصاص الماء للغازات وامتصاص الهواء في الجو للماء. وحيث أن تدربه من ناحية كان منصبا على تخصص مغاير، ولأن عمله هو كان في هذا التخصص تحديدا، فقد عالج هذه المشكلات في ضوء نموذج إرشادي مغاير للنموذج الإرشادي الذي يعمل في إطاره معاصروه من علماء الكيمياء. ونخص بالذكر أنه نظر إلى مزيج الغازات أو إلى امتصاص الماء للغاز باعتبارهما عملية فيزيائية لا دور فيها لقوى التآلف ولهذا بدا له أن تجانس المحاليل الذي تحقق منه يمثل مشكلة، ولكنها مشكلة ظن أن بإمكانه حلها لو تسنى له فقط تحديد الأحجام والأوزان النسبية للجزيئات الذرية المختلفة

(٢٣) A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions," Manchester Memoirs, LIV (1910), 1-16.

في المزيج الذي يجري عليه تجاربه . وكان أمر تحديد هذه الأحجام والأوزان هو الذي حول دالتون في النهاية إلى الكيمياء ، مفترضا منذ البداية أنه في إطار التفاعلات المقيدة التي اعتبرها تفاعلات كيميائية ، لا يمكن أن تتحد الذرات إلا بنسبة تناظر واحد إلى واحد أو وفقا لنسبة أخرى بسيطة لعددين صحيحين (٢٤) . ولقد تمكن بفضل هذا الافتراض الطبيعي من تحديد أحجام وأوزان الجزيئات الأولية ، وإن جعل أيضاً قانون النسبة الثابتة تحصيل حاصل لا ينطوي على أي جديد . فقد رأى دالتون أن أي تفاعل لا تدخل فيه العناصر الأساسية في نسبة ثابتة لا يعتبر بحكم الأمر الواقع عملية كيميائية خالصة . وهو قانون ما كان بإمكان التجربة أن تثبته قبل أعمال دالتون ، وقد أصبح بمجرد إقرار أعماله مبدأ أساسيا لم يكن بإمكان أي مجموعة منفردة من القياسات الكيميائية أن تنقضه . ونتيجة لما يمكن أن نعتبره أكمل مثال سقناه عن ثورة علمية كشفت ذات المعالجات الكيميائية عن علاقة بينها وبين المبدأ الكيميائي العام مختلفة تماما عن علاقتها به قبل ذلك .

وغني عن البيان أن النتائج التي انتهى إليها دالتون تعرضت لهجوم واسع النطاق فور الإعلان عنها . ولم يكن برتوليت تحديدا مقتنعا بها على الإطلاق . ولم يكن بحاجة إلى أن يقتنع في ضوء طبيعة القضية المتنازع عليها . ولكن غالبية علماء الكيمياء رأوا أن النموذج الإرشادي الجديد الذي قدمه دالتون مقنع تماما ، في الوقت الذي لم يكن فيه نموذج بروست مقنعا ، وذلك لأن نموذج دالتون تضمن نتائج أبعد مدى وأهم شأنا من مجرد كونه معيارا جديدا للتمييز بين المزيج والمركب . إذ لو أمكن للذرات على سبيل المثال أن تتحد كيميائيا فقط على أساس نسب بسيطة لأعداد صحيحة إذن فإن إعادة دراسة المعطيات الكيميائية المعروفة الناتجة عن التجارب الكيميائية السابقة سوف تكشف عن أمثلة لنسب متضاعفة وثابتة على السواء . وكف علماء الكيمياء عن كتابة أن وحدتين من أكسيد الكربون على سبيل المثال ، يحتويان على ٥٦ بالمائة و٧٢ بالمائة من وزنهما أكسجين ، وكتبوا بدلا من ذلك أن وحدة واحدة من وزن الكربون قد تتحد إما مع ١,٣ أو ٢,٦ وحدة من وزن الأكسجين . وعندما

(٢٤) L. K. Nash, "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory," Isis, XLVII (1956), 101-16.

أعيد تسجيل نتـائج المعالجات القديمـة حسب هذه الطـريقة قفزت على الفـور أمام أنظار الباحثين نسبة ٢ : ١ ، وظهر هذا في تحليل كثير مـن التفاعلات المعروفة جيدا سـواء القديمـة أم الجديدة . يضـاف إلى هذا أن نمـوذج دالتون الإرشـادي يسر فهم واستيعاب أعمال ريختر وإدراك طبيعته العامة الكاملة . وأوحى أيضا بتجارب جديدة خاصـة تجارب جاي ـ لـوساك Gay - Lussac عن اتحاد الأحجـام . وأفضت هـذه التجـارب إلى قـواعــد جـديـدة لم يحلم بها الكيميـائيـون مـن قبل . وإن مـا أخـذه الكيميائيـون عن دالتون لم يكن قوانين تجريبيـة جديدة بل أسلوبـا جديدا في ممـارسة الكيمياء (أطلق هو نفسه عليه عبـارة المذهب الجديد في فلسفة الكيمياء) ، وسرعان ما ثبت جدوى هذا الأسلـوب حتى أن أحدا لم يقاومه في فرنسا وبريطـانيا سوى قلة من قـدامى أو عجائز الكيميـائيين [(٢٥)] ونتيجة لـذلك بدأ علماء الكيميـاء يحيون في عالم تسلك فيه التفاعلات على نحو مختلف تماما عما ألفوه سابقا .

وبينما كان كل هذا يجري في طريقه المرسوم ، حـدث تحول آخر هام للغاية مطابق لذلك تماما . لقد بدأت تتغير هنا وهناك ذات المعطيات العددية للكيمياء . إذ عندما بحث دالتون أول الأمر بين الدراسات الكيميائية عـن معلومات وأمثلة تدعم نظريته الفيزيـائية عثـر فيها على نتائج لبعض التفـاعلات الكيميائيـة التي تلائم نظـريته ، ولكن كـان من المستحيل عليـه ألا يجد نتائج أخـرى تنـاقضها . ذلـك أن قياسـات بروست بشأن وحدتين من أكسيد النحاس تعطي على سبيل المثال نسبة أكسجين إلى الوزن ٤٧ , ١ : ١ وليس ٢ : ١ كما تقرر النظـرية الذرية . والمعـروف أن بروست هو الشخص الذي كان مـن المتوقع له أن يصل إلى النسبة الـدالتونية[(٢٦)] . لقـد كـان بروست باحثا تجريبيا جيدا ، وكان رأيه عن العلاقة بين الأخلاط والمركبات قريبا جدا

---

(٢٥) A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton," Manchester Memoirs, LV (1911), 1-10.

(٢٦) لمزيد من المعلومات عن بروست انظر:

Meldrum, "Berthollet's Doctrine of Variable Proportions," Manchester Memoirs, LIV (1910), 8.

وإن التاريخ الكامل للتحولات التدريجية في قياسات المكونات الكيميائية والأوزان الذرية لا يزال بحاجة إلى كتابـة ، غير أن بارتنجتون في المرجع سالف الذكر يزودنا بـالعديد من المؤشرات المفيدة في هذا الصدد .

من رأي دالتون . ولكن من العسير جعل الطبيعة مطابقة لنموذج إرشادي . وهذا هو السبب في أن ألغاز العلم القياسي تثير تحديا شديدا ، وهو السبب أيضا في أن القياسات التي تجرى بدون نموذج إرشادي نادرا جدا ما تفضي إلى أي نتائج على الإطلاق . ولهذا لم يستطع الكيميائيون الموافقة ببساطة على نظرية دالتون بناء على ظاهر البرهان حيث أن جانبا كبيرا منها لا يزال سالبا . ولقد عمدوا ، حتى بعد قبولهم للنظرية ، إلى دفع الطبيعة قسرا في ذات الاتجاه للتطابق معها ، وهي عملية استغرقت جيلا آخر غيرهم . وبعد أن تم التحول تغير كل شيء بما في ذلك النسبة المئوية من مكونات المركبات الكيميائية المعروفة . لقد تغيرت المعطيات ذاتها . وهذه هي الفكرة الأخيرة من بين الأفكار التي نريد أن نوضحها حين نقول إن العلماء عقب كل ثورة علمية يعملون في عالم مختلف .



الفصل الحادي عشر
الثورات وطابعها الخفي

بقى أن نسأل كيف تختتم فصول الثورات العلمية ؟ ولكن يبـدو أننا بحاجة قبل أن نجيب إلى محاولة أخيرة لتعزيز اقتناع القارىء بوجود الثورة وبطبيعتها. لقد حاولت حتى الآن عرض الثورات عن طريق الأمثلـة التوضيحية ، وبإمكاننا أن نسرد أضعاف أضعـاف هذه الأمثلـة إلى حد الملل ــ ولكن من الـواضح أن أكثرهـا ، وقد اخترناه عامدين لما يتصف بـه من شيوع وألفة ، ولم يعتد الناس النظر إليهـا باعتبارها ثورات بل إضافـات إلى المعرفة العلمية . ويمكن أن تكـون هذه هي النظرة ذاتها التي ينظـر بها إلى أي أمثلة تـوضيحية إضـافيـة أخرى ، ومن ثم قـد يكـون سردها عـديم الجدوى . وعندي أن هنـاك أسبابـا هامة تـوضح لماذا بدت الثـورات وكأنها أحداث خفية . فالعلماء والعـامة على السواء يستقون تصورهـم للنشاط العلمي الإبداعي من مصدر سلطوي اعتـاد دائما وبصورة منتظمة إخفاء وجـود الثورات العلمية وحجب أهميتها ودلالتها ــ وذلك جزئيا لأسباب وظيفيـة لها شأنها ـ ولا سبيل أمام المرء لكي يأمل في الإفادة بالكامل من الأمثلة التاريخية إلا بعد التعرف على طبيعة تلك السلطة وتحليلهـا . علاوة على هـذا ، وعلى الرغم من أن هـذه النقطة لن يتسنى لنـا عرضهـا عـرضـا وافيـا وكـامـلا إلا في الفصل الأخير من الكتـاب ، إلا أن القـدر الـلازم من التحليل الآن سـوف نستهله بالإشـارة إلى جانب من جـوانب النشاط العلمـي الذي يميزه بوضوح لا مزيد عليـه عن أي نهج إبداعي آخر إلا فيما خلا مبحث فقه أصول الدين .

أمـا عن مصـدر السلطـة فان ذهنـي يتجه أسـاسـا إلى كتب تـدريس العلـوم ، بالإضافـة إلى كل من جهود تبسيط العلوم والكتابات الفلسفيـة التي تحذو حذوها . ويربط بين هـذه الفئات الثلاث جميعها قـاسم مشترك ، مع ملاحظة أنـه حتى عهد

قـريب لم يتيسر أي مصدر آخـر هـام للمعلومـات عن العلم إلا من خـلال ممارسـة البحث العلمي. وتصب هذه المصـادر جهدها على مجمـوعة جاهـزة من المشكلات والمعطيات والنظريات سبق تحديدها وصياغتها في الغالب الأعم وفق مجموعة خاصة من النماذج الإرشـادية التـزم بها المجتمع العلمي وقت كتـابتها. وتستهـدف الكتب الدراسيـة توصيل مفـردات وتراكيب اللغـة العلمية المعـاصرة. وتحاول جهود تبسيط العلوم والترويج لها إعلاميا عرض هذه التطبيقات ذاتها بلغة أقرب ما تكون إلى الحياة اليـوميـة. كما وأن فلسفـة العلـوم، وبخـاصـة السـائدة منهـا في العـالم المتحـدث بالإنجليزية، تعمد إلى تحليل البنية المنطقية لذات المجموعة من المعارف العلمية التي اكتملت وتم إنجازها. وإذا كانت المعالجة التفصيلية المسهبة سوف تنصب بالضرورة على أوجه التمايز الحقيقية بين هذه الأنواع الثلاثـة، إلا أن ما يعنينا الآن هنا هو أوجه التشـابه بينهـا. فـالفئات الثـلاث تسجل النـاتج الثـابت المستقر لثـورات الماضي، وبذلك تعـرض أسس وقواعد التقليـد العلمي القياسي السائد. وهي لا تحتـاج بغية الوفاء بوظيفتها إلى تقديم معلومـات دقيقة وحقيقية عن الوسيلة التي أمكن بها معرفة تلك القواعد والأسس أول الأمر ثم كيف تمثلها الأخصائيون في مجال بذاته. وقد نجد أسبـابا لها وجـاهتهـا في حالـة الكتب المدرسيـة على الأقل تبرر لماذا فيما يختص بهذه المسائل تقود قراءها على نحو منتظم في اتجاه مضلل؟.

أوضحنا في الفصل الثاني أن الركون المتزايد إلى الكتب المدرسية أو ما يعادلها اقترن دائما وأبدا بظهـور أول نموذج إرشـادي في أي مجال من مجالات العلم. وسوف يـؤكد الفصل الختامي من دراستنا هذه على أن الهيمنة التي تمارسها هذه النصوص على علم ناضج تخلق فارقـا واضحا وهاما يمايز بين نمط مسـاره التطوري وبين نمط المجالات الأخرى. ولكن لنسلم الآن مـؤقتا، وإن اختلف الأمر من حيث الـدرجة في مجالات البحث الأخـرى، بأن المعـارف العلمية لـدى كل من الـرجل العـادي ورجل العلم المتخصص ترتكـز بصورة لم يسبق لها مثيل في المجالات الأخـرى على الكتب المدرسية وعلى عـدد قليل آخـر من أنـواع الدراسـات المشتقـة منهـا. ولكن حيث أن الكتب المدرسية هي أدوات تربوية تهدف إلى ترسيخ العلم القياسي واستمراره فإنه يلزم إعادة

كتابتها كلهـا أو بعضها كلما تغيرت لغة العلم القياسي أو بنية مشكـلاته أو معاييره. صفوة القول إنه يتعين إعـادة كتابتها عقب كل ثورة علمية. وما أن تتم كتـابتها ثانية حتى تخفي بـالحتم دور الثـورات التـي أفضت إليهـا، بل وتخفي أيضـا وجـود هـذه الثورات ذاته. وما لم يعاين المرء شخصيا ثـورة خلال حياته هو فإن الحس التاريخي، سواء لدى الباحث العلمي أو لدى القارىء غير المتخصص للدراسات العلمية، لا يمتد إلا إلى ناتج أحدث الثورات العلمية في هذا المجال.

وهكذا تبـدأ الكتب المدرسية بـوأد إحساس البـاحث العلمي بتاريخ مبحثـه ثم تشرع في تقديم بديل عما أسقطتـه. ومن السمات المميزة للكتب المدرسية أنها تشتمل فقط على عجالـة سريعة وضئيلـة عن التاريخ سـواء في صورة فصل تعـرضه بمثـابة مـدخل أو، في صورة مـا يحدث غالبـا، وهي إشارات متنـاثرة ومختصرة إلى الأعـلام المبرزين في عصر سـابق. وتعتبر هـذه الإشـارات هي المدخل لكل من الطـلاب والباحثين المحترفين للإحساس بأنهم مشاركـون في تراث تاريخي طويل الأمد. إلا أن التراث المستمد من الكتب المدرسيـة والذي يستشعر البـاحثون العلميون من خـلاله أنهم شركاء فيـه هو شيء لم يـوجد أبدا في واقع الأمـر. فالكتب المدرسيـة، ولأسباب واضحة وعمليـة أساسـا (وكذلك حال كثير من كتب تـاريخ العلوم القـديمة)، لا تشير إلا إلى ذلك الجزء من جهـود علماء الماضي الـذي يمكـن النظـر إليـه بـاعتبـاره إسهـاما لعـرض وبيـان وحل مشكلات النمـوذج الإرشادي الـذي تقـوم عليه هـذه الكتب الـدراسية. وتعـرض الكتب علماء العصـور السابقـة في صورة يغلب عليهـا الطابع الانتقـائي حينا والتشويه حينـا آخر، حيث يبدون وكأنهم عكفـوا على دراسة وبحث نفس المجموعة من المشكلات الثابتة وانطـلاقا من الالتزام بمجموعة واحدة ثابتة من القوانين التـي توصف «بالعلمية» في نظر آخر ثورة في مجال النظـرية ومناهج البحث العلمية. ومن ثم فـلا غرابة حين نقرر أن الكتب الـدراسية والتراث التاريخي الذي تعرضه هذه الكتب يتعين إعادة كتابتها عقب كل ثورة علمية. ولا غرابة أيضا أن يبدو العلم مرة ثانية وبعد إعادة كتابة الكتب الدراسية والتراث التاريخي للعلم في صورة يغلب عليها الطابع التراكمي.

وطبعي أن العلماء ليسوا هم الفئة الوحيدة التي تنزع إلى رؤية ماضي مبحثهم العلمي ينشأ ويتطور في خط واحد مستقيم صوب وضعه الراهن المتميز. إلا أن إغراء تسجيل التاريخ في اتجاه عكسي إغراء قائم في كل زمان ومكان. ولكن العلماء أكثر تأثرا بإغراء إعادة كتابة التاريخ. ويرجع ذلك من ناحية إلى أن نتائج البحث العلمي لا تكشف عن أي اعتماد واضح على السياق التاريخي للبحث، كما يرجع من ناحية أخرى إلى أن الوضع المعاصر للعلماء، باستثناء فترات الأزمة والثورة، يبدو وضعا آمنا. وإن المزيد من التفاصيل التاريخية، سواء عن حاضر العلم أم عن ماضيه، أو المزيد من المسؤولية والأهمية إزاء التفاصيل التاريخية المعروضة، قد لا يعطي سوى مكانة مصطنعة لخاصية الإنسان المزاجية وخطئة وتشوشه. لماذا التمجيد لشيء بذل العلم أقصى جهوده وأشدها جلدا وعنادا من أجل نبذه وإسقاطه؟ إن الانتقاص من الواقع التاريخي متأصل بعمق، وربما عمليا أيضا، في أيديولوجيا المهنة العلمية، وهي ذات الصنعة التي تسبغ أرفع القيم جميعها على تفاصيل واقعية من أنواع أخرى. ولقد أدرك وايتهد روح المجتمع العلمي عندما كتب يقول «إن علما يتردد في إغفال ذكر مؤسسيه علم خاسر ضائع». إلا أنه لم يكن على صواب كامل، ذلك لأن العلوم شأنها شأن المجالات المهنية الأخرى، بحاجة ماسة إلى إبطالها، ونجاهد في سبيل الحفاظ على ذكراهم. ولحسن الحظ أنه بدلا من إغفال ذكر هؤلاء الأبطال، استطاع العلماء أن يغفلوا ذكر أعمالهم، أو يغفلوا مراجعتها وتنقيحها.

والنتيجة نزوع راسخ من أجل جعل تاريخ العلم يبدو في صورة تاريخ يسير في خط مستقيم أو تراكمي، وهو ميل يؤثر على العلماء أنفسهم عندما يسترجعون أبحاثهم هم أنفسهم. مثال ذلك أن كل تفسيرات دالتون الثلاثة المتضاربة لتطور نظرته الذرية الكيميائية تجعله يبدو وكأنه كان معنيا فقط منذ تاريخ باكر بتلك المشكلات الكيميائية التي اشتهر بعد ذلك بحلها. وواقع الأمر أن كل ما حدث فيما يبدو هو أن تلك المشكلات عرضت له هي وحلولها، ولم يكن عمله الإبداعي الأصيل حتى ذلك الحين قد قارب على الاكتمال [1] ولكن الشيء الذي تغفله جميع

(١) L. K. Nash, "The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory," Isis, XLVII (1956), 101-16.

الروايـات التي تحكي عن دالتون هـو النتائج الثوريـة المترتبة على تطبيق مجمـوعة من المسائل والمفاهيم على مبحـث الكيمياء بعد أن كانت قاصرة قبـل ذلك على الفيزياء وعلى الأرصاد. هذا هو ما فعله دالتون وكانت نتيجته تعديلا في توجه مجال البحث، وهو تعديل علم الكيميائيين أن يسألوا أسئلة جـديدة عن معطيات قديمة، ومن ثم يستخلصون منها نتائج جديدة.

مثال آخر، فقـد كتب نيوتن أن جاليليو اكتشف أن القـوة الثابتة للجاذبيـة تولد حركة متناسبـة مع مربع الزمن. والواقع أن نظرية جاليليـو الحركية «الكنماتية» تأخذ هذه الصورة إذا ما أدمجت في نسيج المفاهيم الدينامية لنيوتن. ولكن جاليليو لم يذكر شيئـا من هذا القبيل. ونـادرا مـا ألمحت دراسته عن الأجسـام السـاقطة إلى القـوى ناهيك عن ذكر قوة جاذبية منتظمة هي علة سقوط الأجسام [٢]. وحين تسبغ رواية نيوتن على جاليليـو فضل الإجابة على سؤال لم تكن تسمح بطرحـه النماذج الإرشادية التي كان جاليليو يعمل في إطارها، فـإنها بذلك تحجب النتيجة المترتبة على صياغة جديـدة بسيطة ولكنهـا ثوريـة لأسئلة سألها العلماء عن الحركـة ولإجابـات شعروا أن بإمكانهم قبولها. بيد أن هـذا هو بالتحديد نوع التغير في صياغـة الأسئلة والإجابات الذي لـه قيمة تعنينا، وتفـوق قيمته أهمية الاكتشـافات التجريبيـة الجديدة في سبيل الانتقال من علم الحركة «الديناميكا» الأرسطيـة إلى علم حركة جاليليو ثم إلى نيوتن، ولكن الكتـاب المدرسي يخفي هذه التغيرات، إذ ينـزع إلى جعل تطـور العلم يسير في خط مستقيم ومن ثم يحجب عملية تحتل قلب أهم أحداث التطور العلمي.

ويعرض المثالان السابقـان، كل في إطار ثورة بذاتها، بدايـات عملية لإعادة بناء التاريخ مما تنجـزه عادة كتب تدريس العلوم بعد الثورة. بيـد أن هذا الإنجاز، وهو

(٢) فيما يختص بملاحظة نيوتن انظر: Florian Cajori (Ed.), "Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World" (Berkeley, Calif., 1946), p. 21.

وينبغي مقارنة الفقرة المذكورة بالدراسة التي قدمها جاليليو نفسه في حوارات عن علمين جديدين:
Dialogues concerning Two New Sciences, trans. H. Crew and A. de Salvio (Evanston, I11., 1946), pp 154-76.

إعادة بناء التاريخ، ينطوي في صورته النهائية على ما هو أكثر من مظاهر سوء فهم التاريخ التي أسلفنا الحديث عنها. ومن شأن مظاهر سوء الفهم هذه أن تحجب الثورات وتخفيها عن الأعين. إذ توحي طريقة عرض المادة العلمية في الكتب الدراسية بأن هناك عملية، لو وجدت، فانها تنكر على الثورات أي دور على الإطلاق. ونظرا لأن هذه الكتب الدراسية تهدف إلى تقديم عجالة لتعريف الطالب بما يشغل فكر المجتمع العلمي المعاصر وما يظن أنه يعرفه الآن، فإنها تعرض مختلف التجارب والمفاهيم والقوانين والنظريات السائدة في العلم القياسي آنذاك كلا على حده وعلى نحو متسلسل قدر المستطاع، وإن هذا الفن في العرض يعد عملا رائعا كوسيلة للتربية والتعليم. ولكن حين يرتبط هذا بالمناخ العام غير التاريخي الذي يسود الكتابات العلمية وبمظاهر سوء الفهم المنتظمة بين حين وآخر، التي أسلفنا عرضها، فسوف يهيمن على الأذهان انطباع قوى مترتب على ذلك. لقد وصل العلم إلى حالته الراهنة عن طريق سلسلة من الاكتشافات والابتكارات الفردية التي تؤلف معا، جماع المعارف التقنية الحديثة. ويفيد عرض الكتاب المدرسي ضمنا أن العلماء جاهدوا منذ بداية المشروع العلمي من أجل الأهداف الخاصة المحددة التي تجسدها النماذج الإرشادية التي نعرفها اليوم. واستطاع العلماء الواحد بعد الآخر، تماما مثل عملية البناء التي نضع فيها لبنة فوق أخرى، أن يضيف كل منهم حقيقة جديدة أو مفهوما أو قانونا أو نظرية إلى هيكل المعلومات الذي تعرضه النصوص الدراسية المعاصرة عن العلم.

بيد أن هذه ليست هي الطريقة التي تطور بها العلم. فإن أكثر ألغاز العلم القياسي المعاصر لم توجد إلا عقب أحدث ثورة علمية عرفناها مؤخرا. وأقل القليل هو هذا الذي يمكن أن نتتبعه ونقتفي أثره إلى البداية التاريخية للعلم الذي يتناولها الآن. ولقد سعت الأجيال الأولى في سبيل حل مشكلاتها هي بما تملكه من أدوات، وبما تيسر لها من قوانين. ولم تكن هذه المشكلات هي التي تغيرت فقط، بل الذي تغير هو مجمل شبكة الواقع والنظرية التي يحاول النموذج الإرشادي في الكتاب الدراسي أن يطابق بينها وبين الطبيعة. إذ هل ثبات التركيب الكيميائي، كمثال،

هو مجرد واقع خبري بسيط كـان يمكن للباحثين الكيميائيين أن يكتشفـوه عن طريق التجربة في إطار أي من العوالم التي مـارس فيها الباحثون الكيميائيون عملهم؟ أم أن الصواب أنه عنصر ـ وعنصر لا سبيل إلى الشك فيه وقتذاك ـ داخل بنية جديدة تضم معا الـواقع والنظـرية ، وهي البنيـة التي لآءم دالتون بينهـا وبين المعارف الكيميـائية السـابقة في مجملهـا ، ومن ثم أدى إلى تغير تلك المعـارف أثنـاء مسار العمليـة؟ أم ، ولنفس الأسبـاب ، هل التسـارع الثـابت بفعل قـوة ثـابتـة هـو مجرد واقع كـان على المتخصصين في علم الـديناميكـا أن يبحثوا عنـه دائما التماساً لمعـرفته ، أم أنـه ، وهو الأصح ، إجـابة على سـؤال أثير لأول مـرة فقط ضمن إطار نظـريـة نيوتن وأن هـذه النظـريـة تسنى لها أن تجيب عليـه في ضوء مجمـوعـة المعلـومـات المتاحـة قبل طـرح السؤال؟

إن هذه الأسئلة طرحنـاها هنا بشأن الوقائع التي تعرضهـا الكتب المدرسية فتبدو وكأنها وقـائع اكتشفت مجزأة واحـدة فواحـدة . ولكن واضح أنها تنطـوي بـالمثل على دلالات حتمية بشأن مـا تعرضه النصوص الـدراسية في صورة نظـريات . وطبعي أن تلك النظريات «تطابق الوقـائع» ولكن فقط عن طريق تحويل المعلومات التي تسنى الـوصول إليهـا مسبقا إلى وقـائع لم تكن مـوجودة بتـاتا في إطـار النموذج الإرشـادي السابـق . معنى هذا أن النظـريات أيضا لا تتطـور مجزأة لتلائم الـوقائع التي كـانت موجـودة دائما منذ الأبـد . بل أنها تنبثق هي والوقائع التي تطـابقها من خـلال إعادة صياغة ثوريـة للتقليد العلمي السابق ، وهو تقليد لم تكن فيه العـلاقة التي صنعتها المعرفة ، وسطا بين الباحث العلمي وبين الطبيعي ، هي ذات العلاقة .

مثـال آخر وأخير قـد يـوضح هـذه النظرة عن أثـر طـريقـة العرض في الكتـاب الـدراسي ، على تصورنـا للتطـور العلمي . فالمعـروف أن كل كتـاب دراسي أولى عن الكيمياء لابـد أن يناقـش مفهوم العنصر الكيميـائي . ويحدث دائما عند عـرض هذا المفهوم أن يرد الكتاب نشأته إلى القرن السابع عشر على يد عالم الكمياء روبرت بويل الـذي يجد القـارىء المدقق في كتابه «الكيميـائي الشكاك Sceptical Chemist» تعريفـا لمصطلح «العنصر» يقترب جدا من استخـدامنا لـه اليوم . وهـذه الإشارة إلى

إسهامات بويل تساعد على أن يدرك الدارس المبتدىء أن الكيمياء لم تبدأ مع عقاقير السلفا. وتخبره، علاوة على هذا، أن من بين المهام التقليدية للباب العلمي اكتشاف مفاهيم من هذا القبيل، وثابت تماما أن هذا الأسلوب ناجح للغاية كجزء من العملية التربوية لتنشئة الباحث العلمي ليكون عالما. إلا أنه على الرغم من ذلك يعد صورة واضحة أخرى لطراز الأخطاء التاريخية التي تضلل كلا من الدارس المتخصص والرجل العادي بشأن فهم طبيعة المشروع العلمي.

وحسب ما ذهب إليه بويل، وقد كان على صواب، فإن «التعريف» الذي وضعه لمصطلح عنصر لم يكن أكثر من صياغة جديدة لمفهوم كيميائي تقليدي. وصاغه بويل لسبب واحد وهو أن يثبت ألا وجود لشيء على هيئة عنصر كيميائي. ومن ثم نقول من حيث التاريخ أن التصور الذي يعرضه الكتاب الدراسي عن مساهمة بويل هو تصور خاطىء تماما(٣). وطبعي أن هذا خطأ تافه، وإن كان لا يزيد على أي عرض خاطىء آخر للمعلومات. ولكن ما ليس بتافه حقا فهو الانطباع الذي يترسب عن العلم عندما يصبح مثل هذا النوع من الخطأ مقبولا أول الأمر ثم يصبح جزءا أساسيا من بنية النص الدراسي. إن مفهوم «العنصر» شأنه شأن مفاهيم أخرى مثل «الزمان» أو «الطاقة» أو «القوة» أو «الجزيء» من المقومات الأساسية للكتاب الدراسي الذي لم يبتكر ولم يكتشف على الإطلاق. وتعريف بويل بخاصة يمكن تتبعه ابتداء من أرسطو على الأقل وعلى مدى العصور حتى لافوازييه في النصوص الحديثة. ولكن ليس معنى هذا أن العلم يملك المفهوم الحديث للعنصر منذ قديم الزمان. إن التعريفات اللفظية، مثل تعريف بويل، إذا تأملناها في ذاتها نجد أنها تنطوي على محتوى علمي ضئيل. فهي ليست تحديدات منطقية دقيقة للمعنى (على فرض وجود شيء كهذا) بل هي أقرب إلى الوسائل التربوية. وإن المفاهيم العلمية التي تشير إليها لا تكتسب دلالة كاملة إلا عند ربطها، ضمن نص دراسي أو أي طريقة عرض منهجي أخرى، بمفاهيم علمية أخرى، وتدابير إجرائية وبتطبيقات عملية لنموذج إرشادي. يلزم عن ذلك أن مفاهيم، مثل مفهوم العنصر، يكاد يكون

(٣) T. S. Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," Isis, XLIII (1952), 26-29.

من المتعذر ابتكارها مستقلة عن سياقها. عـلاوة على هذا فإنه نادر ما يكون ثمة داع لابتكارها، إذ طالما أن السياق موجـود فإنها تكون ميسورة بالفعل بين يدي الباحث. ولقد سبق أن غير كل من بـويل ولافوازييه الدلالة الكيميـائية لمصطلح «عنصر» من خلال مجالات هامة. ولكنهما لم يبتكرا المفهوم بل ولا حتى غيرا الصياغة اللفظية التي تقوم مقام تعريف المفهوم. وكـذلك الحال بالنسبة لأينشتين كما سبق أن رأينا، فهو لم يبتكر، بل ولم يضع صراحـة تعريفا جديـدا لمفهومي «المكان» و«الـزمان» لكي يسبغ عليهما معنى جديدا في إطار جهوده.

إذن ماذا كان دور بويل التـاريخي في هذا الجانب من جهوده العلمية أعني ذلك الدور الذي اشتمل على «التعريف» الشهير؟ كان رائدا لثورة علمية، ذلك لأنه حين غير العلاقة بين «العنصر» وبين المعالجة الكيميائية أو النظـرية الكيميائية حول بذلك المفهوم إلى أداة مختلفة تماما عما كان عليه قبل ذلك وحول من خلال هذه العملية كلا من علم الكيمياء ودنيا الباحث الكيميائي [٤]. وكان لزاما حدوث ثورات أخرى، بما في ذلك الثورة التي يمثل لافوازييـه محورها وذلك لإعطاء المفهوم صـورته ووظيفته الجديدتين. غير أن بـويل يعد بحق مثالا نمـوذجيا للعملية التي انطـوت عليها كل مرحلة من هذه المراحل وكذلك لما يصيب هـذه العملية عند تضمين المعارف القائمة في متن كتاب دراسي. فإن هذه الصيغـة التربوية حددت، أكثـر من أي جانب آخر من جوانب العلم، تصورنـا لطبيعة العلم ولدور الاكتشاف والابتكـار خلال مسيرته المتقدمة.

(٤) Marie Boas, in her "Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry" (Cambridge, 1958),

إذ تتناول في مـواضع كثيرة مساهمات بـويل الإيجابيـة في سبيل تطور مفهـوم العنصر الكيميائي.

الفصل الثاني عشر

انحــــلال الثـــــــورات

الكتب الـدراسيـة التي عـرضنـا لها توا لا تصـدر إلا كحصـاد مترتب على ثـورة علمية. وتشكل هذه الكتب الأسس والقواعد لتقليد جديد للعلم القياسى. بيد أننا حين تناولنا بالبحث مسألة بنية هـذه الكتب أغفلنا إحدى مراحلها. فما هي العملية اللازمة التي بها يحل نمـوذج إرشادى جديد محل نمـوذج سابق عليه؟ إن أي تفسير جـديد للطبيعـة، سواء أكـان اكتشافـا أم نظريـة، ينبثق أولا في ذهن فرد أو بضعـة أفـراد. وهؤلاء هـم أول من يتعلم أن يرى العلم والكـون على نحـو مختلف، وتتيسر لهم القدرة على الانتقـال بفضل عاملين لا يتمتع بهما أكثـر أبناء صنعتهم الآخـرين. فإن اهتمامهم قد تركز على المشكلات التي أثارت الأزمةولم يتحول. كما أنهم علاوة على هذا، يكونـون حديثى السن، أو حديثى عهد بالمجال المثقل بـالأزمة، ولذا فإن الممارسـة لم تصل بهم بعـد إلى الأعماق التى وصلت إليهـا مع غالبيـة معـاصريهم من حيث النظرة إلى العـالم، والقواعـد التى حددهـا النموذج الإرشادى القـديم. ولكن كيف استطاعوا تحويل كل أبناء صنعتهم أو تحويل أبناء جماعة البحث الفرعية المعنية بالموضـوع؟ وماذا كان عليهم أن يفعلـوا ليحققوا هذا التحـول في اتجاه نظرتهم هم إلى العلم وإلى العـالم؟ ومـا هي الأسبـاب التى دعت هذا الفـريق إلى نبـذ تقليـد بحثى مألوف لصالح تقليد آخر جديد؟

وحتى نتبين مدى الضرورة الملحة لهذه الأسئلة علينـا أن نتذكر أن هذه هي البنى الجديـدة الوحيـدة التى يمكن للمـؤرخ أن يـرد بها على تساؤل الفيلسـوف عن سبل اختبـار النظريـات العلميـة المستقـرة، والتحقق من صـوابها أو زيفها. ونعـرف أن البـاحـث العلمى بقدر مـا يكون معنيا بـالعلم القياسـى يكون حلالا لألغـاز وليس باحثـا يختبر صدق النماذج الإرشاديـة. وعلى الرغم من أنه وهـو في خضم بحثه عن

حل للغز معين يجرب عـددا من الأساليب البديلـة للمعالجة، وينحى جانبـا كل ما يخفق في الـوصـول بـه إلى النتيجـة المنشـودة، إلا أنـه في كل هـذا لا يختبر النمـوذج الإرشادى. إنه بدلا من ذلك أشبه بلاعب الشطرنج حين تواجهه مشكلة وأمامة رقعة الشطرنج حقيقة مادية يتأملها في ذهنه ولكنـه يجرب عديدا من الحركات البديلة بحثا عن حل لمشكلته. هذه المحاولات التجريبيـة سواء قام بها لاعب الشطرنج أو باحث علمى، ليست سوى تجارب ومحاولات خاصة بذاتها فقط دون أن تمتد لتشمل قواعد اللعبة. وتظل ممكنة فقـط طالما وأن النموذج الإرشادى ذاته مأخـوذ مأخذ التسليم. لهذا فإن اختبـار النمـوذج الإرشـادى لا يحدث إلا عقب فشـل متصل وثـابت زمنـا طويلا في حل لغز هام يثير أزمة. وحتى هنا أيضا لا يحدث الاختبار إلا بعد أن يؤدى الشعـور بالأزمـة إلى تصور نمـوذج إرشادى بـديل للقديم. والجديـر بالملاحظـة أن الـوضع الاختبارى في العلـوم لا يتمثل، كما هو الحال في مجال حل الألغـاز، في مجرد المقـارنة بين نمـوذج إرشادى وحيـد وبين الطبيعـة، وإنما يحدث الاختبار كجـزء من المنافسة بين نموذجين إرشاديين ندين بغية الفوز بولاء المجتمع العلمى.

ونحن إذا دققنا النظـر في هذه الصيغة فإنها سـوف تكشف لنا، عن نظيرين غير متـوقعين وقـد يكـونـان هـامين، عـن نظـريتين فلسفيتين معـاصرتين هما من أكثـر النظريات ذيـوعا، بشأن التحقق من صدق النظريات العلمية. فـالمعروف أنه لم يبق غير عـدد قليل من فـلاسفـة العلم الـذين يلتمسـون معـايير مطلقـة للتحقق من النظريات العلمية. وبعد أن يـوضح هؤلاء أن لا سبيل إلى إخضاع أي نظرية لجميع الاختبارات الممكنة الوثيقـة الصلة بموضوعها، نجد أنهم لا يسـألون عما إذا كان قد أمكن التحقق من صدق النظـرية موضـوع البحث، بل يسألون بالأحـرى عن درجة احتمال صدقها في ضوءالبينات. وللإجابـة على هذا السؤال اضطرت مدرسة لها شأن كبير إلى المقارنة بين قدرات النظريات المختلفة على تفسير البينات المتوافرة. وإن هذا الإصرار على مقارنـة النظريات يعد أيضـا سمة مميزة للموقف التـاريخى الذي يتم في إطاره قبـول نظرية جديـدة. ولعل الأمر المرجح للغايـة هو أن ذلك إنما يكشف عن

أحد الاتجاهات التى ستسير فيها مستقبلا الدراسات المعنية بمسألة التحقق.

بيد أن نظريات التحقق على أساس الاحتمالات في أكثر صورها عمومية تستعين جميعها بهذه اللغة أو تلك من لغات المشاهدة البحتة أو المحايدة التى أسلفنا الحديث عنها في الفصل العاشر. وتدعونا إحدى نظريات مذهب الاحتمالات إلى أن نقارن بين النظرية العلمية المعطاة وبين جميع النظريات الأخرى التي يمكن تخيلها لمطابقة مجموعة معطيات المشاهدة نفسها. وتدعونا نظرية أخرى إلى أن نبنى في المخيلة جميع الاختبارات التى نتصور أن بالإمكان تطبيقها على النظرية العلمية التي بين أيدينا [1]. وواضح أن مثل هذا البناء الذهني ضرورى لحساب الاحتمالات النوعية، مطلقة أو نسبية، وأن من العسير تبين كيف يمكن إنجاز مثل هذا البناء. فإذا كان من غير المستطاع، كما سبق لى أن أكدت بإلحاح، إيجاد نسق للغة أو المفاهيم محايد علميا أو تجريبيا، إذن فإن البناء الذهنى المقترح للاختبارات والنظريات البديلة لا بد أن يبدأ من خلال هذا التقليد أو ذاك المرتكز على نموذج إرشادى. وإذا اقتصر الأمر على ذلك فلن يكون من سبيل للوصول إلى جميع الخبرات الممكنة أو إلى جميع النظريات الممكنة. والنتيجة هي أن تحجب نظريات المذهب الاحتمالى حالة التحقق بقدر ما توضحها. وعلى الرغم من أن هذه الحالة، كما تؤكد هذه النظريات، تعتمد على المقارنة بين النظريات وبين براهين هامة ذائعة على أوسع نطاق، إلا أن النظريات والمشاهدات موضوع الخلاف تكون دائما وأبدا مرتبطة ارتباطا وثيقا بنظريات ومشاهدات موجودة بالفعل. إن التحقق شبيه بعملية الانتخاب الطبيعى: إذ ينتقى الأقدر على البقاء من بين البدائل القائمة فعلا في موقف تاريخى بذاته. أما عن الاختيار وهل هو أفضل ما كان يمكن عمله لو كانت لا تزال هناك بدائل أخرى متاحة، أو لو أن المعطيات كانت من نوع آخر، فإن هذا سؤال لا يجدى طرحه. إذ لا نملك أدوات يمكن استخدامها التماسا لإجابات عليه.

---

(١) للاطلاع على عرض موجز للسبل الرئيسية المؤدية إلى نظريات التحقق في مذهب الاحتمالات انظر: see Ernest Nagel, "Principles of the Theory of Probability", Vol. I, No. 6 of International Encyclopedia of Unified Science, pp. 60-75.

ولكن هنـاك نهج مختلف تماما في تنـاول جماع شبكـة المشكلات، ونعنى بـه نهج كارل د. بوبر الذي ينكـر وجود أي تدابير للتحقق على الإطلاق [٢]. إذ يؤكـد بدلا من ذلك على أهمية إثبات الـزيف، أي التحقق من زيف الاختبار وذلك لأن نتيجته سالبة وتقضى بضرورة رفض نظرية ثابتة. وواضح أن الدور المنسوب لإثبات الزيف يشبـه كثيرا الـدور الـذي تعـزوه دراستنا هـذه إلى التجـارب الشـاذة، أى إلى وقـائع التجارب التى تمهد السبيل، من خلال إثارة الأزمة، لظهور نظرية جديدة. ومع هذا فقد لا يتسنى المطابقـة بين التجارب الشاذة وبين التجارب اللازمـة لإثبات الزيف. والحقيقة أنني أشك في وجود هذه الأخيرة. فكما سبق لى أن أكدت مرارا فإنه لا توجد النظرية التى تحل جميع الألغاز التى تواجهها في وقت بذاته، كما وأن الحلول التى يتم الـوصول إليهـا نـادرا ما تكـون حلـولا كاملـة. بل على العكس، فإن هـذا النقص والقصـور اللذان يشـوبان المطـابقة بين المعطيـات والنظـريات القـائمة هما اللـذان يحددان، في أي فترة من الزمن، كثيرا من الألغاز المميـزة للعلم القياسى. ولو أن كل فشل نواجهـه في سبيل إثبات هـذا التطابق يـوجب رفض النظريـة إذن لانتهى الأمر بنبذ جميع النظريات في كل الأزمان. ولكن من نـاحية أخرى لو أن الفشل الذريع في المطابقة هو وحده الذي يبرر نبذ النظرية، إذن لاحتاج أنصار بوبر إلى معيار لتحديد «اللااحتمالية» أو «درجـة إثبات الزيف». وإذا ما عمدوا إلى استحـداث هذا المعيار فسـوف يجابهون يقينـا نفس شبكـة الصعاب التي اعترضت دعـاة مختلف نظـريـات التحقق في المذهب الاحتمالي.

إن الكثير من المشكلات السـابقة يمكن تجنبها إذا مـا سلمنا بأن كـلا من هذين التصـورين الذائعين والمتعـارضين بشأن المنطق الأسـاسى للبحث العلمى، حـاول دمج عمليتين متمايزتين إلى حـد كبير في عملية واحدة. إن الخبرة الشـاذة التي يحدثنا عنها بوبر ذات شأن كبير للعلوم نظـرا لأنها تشجع على وجود نماذج منافسة للنموذج الإرشادى القـائم. ولكن إثبات الزيف، وإن كان يحدث فعـلا، إلا أنه لايحدث مع أو بسبب ظهور حالـة شذوذ أو حالة تكشف عن الـزيف، بل إنه على العكس من

(٢) K.R. Popper, "The Logic of Scientific Discovery" (NewYork, 1959), esp.Chaps.i-iv.

ذلك عملية تالية ومنفصلة ويمكن بالمثل أن نسميها عملية تحقق حيث أنها تمثل انتصارا لنموذج إرشادى جديد على النموذج الإرشادى القديم. علاوة على هذا فإن تلك العملية المشتركة التى تجمع بين التحقق وإثبات الزيف هي التي تقوم فيها المقارنة بين النظريات على أساس المذهب الاحتمالى بدور مركزي. وأعتقد أن هذه الصياغة ذات المرحلتين لها ميزة أنها تنطوى على قدر كبير من احتمال الصدق، كما أنها قد تمكننا من أن نشرع في التحليل المنطقى لدور الإتفاق (أو عدم الإتفاق) بين الواقع والنظرية في عملية التحقق. وقد لا يهم كثيرا، بالنسبة للمؤرخ على الأقل، القول بأن التحقق يثبت تطابق الواقع والنظرية. فإن جميع النظريات ذات الشأن الكبير تاريخيا تطابقت مع الوقائع ولكن على نحو تقريبي فقط. ولا توجد إجابة أكثر دقة وتحديدا على سؤال: ماذا كانت، أو إلى أي مدى، تتطابق نظرية بذاتها مع الوقائع. ولكن أسئلة شديدة الشبة بذلك يمكن أن نطرحها عندما تؤخذ النظريات جملة، أو حتى مثنى مثنى، ذلك أن من المفيد كثيرا أن نسأل أي من النظريتين المتنافستين والقائمتين فعلا تتطابق على نحو أفضل مع الوقائع. مثال ذلك أنه على الرغم من أن أيا من نظرية بريستلى أو نظرية لافوازييه لم تتطابق بدقة مع المشاهدات القائمة إلا أن عددا قليلا من الباحثين المعاصرين آنذاك ظلوا مترددين لأكثر من عقد كامل في الوصول إلى نتيجة مؤداها أن نظرية لافوازييه أفضل النظريتين ملاءمة.

بيد أن هذه الطريقة في عرض الأمور تجعل مهمة الاختيار بين النموذجين الإرشاديين تبدو وكأنها أيسر وأكثر ألفه مما هي عليه. فلو لم تكن هناك غير مجموعة واحدة من المشكلات العلمية، وعالم واحد يجرى في إطاره العمل على معالجتها، ومجموعة واحدة من المعايير لحلها، فإن المنافسة بشأن النموذج الإرشادى يمكن حسمها بدرجة أو بأخرى على نحو معتاد «روتينى» وذلك عن طريق عملية تشبه حصر عدد المشكلات التى يحلها كل نموذج. ولكن الواقع يؤكد أن الأمور ليست على هذا النحو. فالملاحظ أن دعاة النماذج الإرشادية المتنافسة هم دائما أصحاب أغراض متعارضة ولو تعارضا طفيفا على أقل تقدير. ولن يسلم أي من الجانبين بجميع الافتراضات غير التجريبية التى يحتاج إليها الطرف الآخر لإثبات قضيته.

مثال ذلك مـا كان من أمـر بروست وبرتـوليت اللذين تجادلا بشأن تكـوين المركبات الكيميائية فبـدا جدالهما كأنه حوار طرشان. وعلى الـرغم من أن كلا منهما كان يأمل في أن يظفر بالآخر ويحوله إلى طريقته في النظر إلى مبحثه العلمي ومشكلاته إلا أن أيا منهما لم يكن ليأمل في إقامة الدليل لإثبات دعواه. ذلك لأن التنافس بين النموذجين الإرشاديين ليس من نوع المعركة التى يمكن حسمها بالبراهين.

لقد لمسنـا من قبل أسبـابا عديـدة توضـح لنا لماذا لا بد أن يخفـق أنصار النماذج الإرشادية المتنافسة في تحقيق اتصال كامل بين وجهاتنظرهما. ووصفت هذه الأسباب إجمالا بأنها لا قيـاسية أى لا تقبل قيـاس أحـدها على الآخـر لانعدام التجـانس بين التقاليد العلمية القيـاسية المعتادة فيما قبل وفيما بعد الثورة، وهو مـا نحن بحاجة إلى إعادة عرضه بايجاز هنا. أولا أن أنصار النماذج الإرشـادية المتنافسة سوف يختلفون في الغالب بشأن قائمة المشكلات التى يتعين على أي بديل جديد للنموذج الإرشادى أن يحلها. ذلـك لأن معاييرهـم وتعريفـاتهم للعلم ليست واحدة. إذ هـل يلزم أن تفسر نظرية عن الحركة سبب قوى التجاذب بين جزيئات المادة أم قد يكفى التسليم بوجود مثل هذه القوى؟ لقد قنعت ديناميكا نيوتن بالحل الثانى على خلاف نظريتى أرسطو و ديكارت، ومن ثـم كان مصيرها الـرفض. وعندمـا أضحت نظريـة نيوتن مقبـولة انتفى السؤال من مجال البحث العلمى. بيـد أن هذا السـؤال كان هو السـؤال الذى زعمت النسبية العامة في زهـو وخيلاء أنها حلته. مثال آخر: كان شـائعا خلال القر التاسع عشر أن نظرية لافوازييه الكيميائية منعت الكيميائيين من أن يسألوا لماذا هذا التشابه الشديد بين المعادن، وهو سؤال طـرحته كيمياء الفلوجستون وأجابت عليه. ولقد كان الانتقال إلى النموذج الإرشادى الذي وضعه لافوازييه، شأنه شأن الانتقال إلى النموذج الإرشادى الـذي وضعه نيوتن، يعني اختفاء سؤال كـان جائزا ومشروعا حتى ذلك الحين كما يعنى أيضا اختفاء حل تم الوصـول إليه. بيد أن هذه الخسارة لم تدم طويـلا. ففي القرن العشرين دخلت ثانية مجال العلم أسئلـة عن نوعيات المواد الكيميائية مقترنة ببعض الإجابات عليها.

ولكن لا قياسيـة معايير الحل التى تحول دون مقارنة بعضهـا ببعض ليست سوى جانب واحـد من جوانب المشكلة . إذ نظـرا لأن النماذج الإرشادية الجديدة تـولد عن القديمة فإنها عادة تتضمن قدرا كبيرا من المفـردات اللغوية والأدوات سواء مفاهيمية أو إجرائيـة ، التى سبق أن استخدمهـا النموذج الإرشادى القـديم . ولكنها نـادرا ما تستخدم هذه العناصر المستعارة بنفس الأسلوب التقليدى . فالمصطلحات والمفاهيم والتجارب القديمة حين تصبح في إطار النموذج الإرشادى الجديد تدخل في علاقات جديدة مع بعضها بعضا . والنتيجة الحتمية لذلك هي ما يجب أن نسميه ، على الرغم من أن المصطلح ليس صوابا تمامـا ، سوء فهم بين المدرستين المتنافستين . فإن الناس العاديين الـذين سخروا من النظريـة النسبية العامـة لأينشتين لأن المكان لا يمكن أن «ينحنى» ـ وإن لم يكن الأمـر على هذا النحو ــ لم يكونـوا على خطأ . وكذلك الحال بـالنسبة لعلماء الـرياضيـات والطبيعة والفـلاسفة الـذين حاولـوا إستحداث صـورة إقليدية لنظرية أينشتين [٣] . ذلك لأن المكان في الماضى كان يقصد به مكانا مسطحا ومتجانسـا وموحد الخواص وغير متأثـر بوجـود المادة . ولو لم تكن صورتـه كذلك لما أفادت فيزيـاء نيوتن شيئا . ومن ثم فلكى يتم الإنتقال إلى صورة الكـون التي قدمها أينشتين كان لا بد من أن يتحول مجموع النسيج المفـاهيمى الذى تمثل جدائله المكان والزمـان والمادة والقوى وما إلى ذلك ، أي لابد من إبـداله ثم ملاءمته من جـديد مع الطبيعة كلهـا . ولن يكتشف بالـدقة مـوضع الاتفاق أو الاختلاف إلا أولئـك الذين أنجـزوا تماما أو أخفقـوا في إنجاز ذلك التحـول . فالاتصـال عبر هذا الخط الثـورى الفاصل هـو بالحتم اتصـال جزئى . ولنتأمل معا ، مثـالا واحدا آخـر، أولئك الذين زعموا أن كوبـرنيكوس مجنون لأنه ادعي أن الأرض تتحرك . فإن مـا قالوه لم يكن مجرد

(٣)عن ردود الأفعال العادية ازاء مفهوم المكان المحني انظر:
Philipp Frank, "Ein-stein, His Life and Times", trans. and ed. G. Rosen and S. Kusaka (New York, 1947), pp. 142-46.
وللاطـلاع على بعض المحاولات للحفاظ على مكـاسب النظرية النسبيـة العامة في إطـار المكان التقليدي انظر:
C. Nordmann, "Einstein and the Universe", trans. J. McCabe (New York, 1922), chap. ix.

خطأ عابر ولا خطأ متعمد تماما بكل ما في الكلمة من معنى. فإن «الأرض» تعنى من بين ما تعنى عندهم موضعا ثابتا. ومن ثم فأرضهم على أقل تقدير لا يمكن لها أن تتحرك. وبالمقابل فإن التجديد الذي أضافة كوبرنيكوس لم يكن التجديد في أسلوب مبتكر جملة وتفصيلا في النظر إلى مشكلات الفيزياء والفلك وهو أسلوب أدى إلى تغيير معنى كل من كلمتي الأرض و«الحركة» (٤). وطبعي أنه بدون تلك التحولات كان مفهوم الأرض المتحركة جنونا. ومن ناحية أخرى، فما أن سادت هذه التغيرات وأضحت مفهومة حتى استطاع كل من ديكارت وهوجينز إدراك أن حركة الأرض كانت مسألة غير ذات موضوع بالنسبة للعلم (٥).

تشير هذه الأمثلة إلى الجانب الثالث والأكثر أساسية لحالة لا قياسية النماذج الإرشادية المتنافسة إذ يمكن القول بمعنى من المعانى، أجدني عاجزا عن الإبانة عنه بوضوح أكبر، إن أنصار النماذج الإرشادية المتنافسة يمارسون نشاطاتهم في عوالم مختلفة، أحدها يشتمل على أجسام تسقط ببطء سقوطا قسريا، والثاني يشتمل على بندولات تردد حركاتها مرارا وتكرارا. وفي أحد العوالم نجد المحاليل مركبات وفي الآخر أخلاطا. ونسيج المكان في أحدها مسطح منبسط وفي الآخر منحنى. أما فريقا العلماء اللذان يعملان في عالمين مختلفين فإنهم يرون أشياء متباينة عندما ينظرون من نفس النقطة وفي نفس الاتجاه. وليس معنى هذا أن بوسعهم أن يروا أى شيء يحلولهم. فكلا الفريقين إنما ينظران إلى العالم من حولهما، وما ينظرون إليه لم يتغير. بيد أنهم في بعض المجالات يرون أشياء مختلفة، ويرونها في علاقات مختلفة مع بعضها بعضا. وهذا هو السبب في أن قانونا ما لايمكن مجرد عرضه لفريق من العلماء في حين أنه قد يبدو أحيانا واضحا وضوحا حدسيا لفريق آخر. وبالمثل ذلك هو السبب في أن هذا الفريق أو ذاك، من قبل أن يراوده الأمل في تحقيق اتصال كامل متبادل، لا بد أن يعايش التحول إلى الاتجاه الآخر الذي أطلقنا عليه عبارة تحول

(٤) T. S. Kuhn, "The Copernican Revolution" (Cambridge, Mass., 1957), chaps, iii, iv, and vii.

الفكرة الرئيسية في الكتاب كله هي المدى الذي اضحت عنده نظرية مركزية الشمس شيئا أكثر من مجرد قضية فلكية خالصة.

(٥) Max Jammer, "Concepts of Space" (Cambridge, Mass., 1954), pp. 118-24.

النموذج الإرشادى. ونظرا لأن هذا التحول هو انتقال بين أمرين لا قياس بينهما، فإن الانتقال بين النموذجين الإرشاديين المتنافسين لا يمكن عمله على مراحل صغيرة متدرجة في الوقت المناسب مدفوعين بقوة المنطق والخبرة المحايدة. إنه أشبه بالتحول الجشطلتي، يتعين وقوعه دفعة واحدة (وليس بالضرورى في لحظة) وإلا فلا يحدث أبدا.

كيف إذن يُدفع العلماء إلى تغيير الأوضاع على هذا النحو؟ جانب من الإجابة أنهم في الغالب الأعم لا يدفعون إلى ذلك. إن مذهب كوبرنيكوس. لم يحول غير عدد قليل من العلماء عن معتقدهم على مدى قرن من الزمان تقريبا بعد وفاة كوبرنيكوس. وكذلك أعمال نيوتن لم تحظ بالقبول العام، خاصة داخل القارة الأوروبية، على مدى يزيد عن نصف قرن بعد صدور كتابه الأسس «البرنكيبيا» (٦). ولم يوافق بريستلي أبدا على نظرية الأكسجين، وكذلك رفض لورد كلفن النظرية الكهر مغنطيسية، هكذا. وكثيرا ما شهد العلماء أنفسهم بمشكلات التحول عن المعتقد القديم. فها هو داروين يذيل كتابه «أصل الأنواع» بفقرة تتسم ببصيرة نافذة يقول فيها: «على الرغم من أننى مقتنع تماما بصدق الآراء الواردة في هذا الكتاب...... إلا أننى لا أتوقع أبدا أن أقنع علماء الطبيعة ذوى الخبرة الطويلة ممن زخرت عقولهم بمخزون ضخم من الوقائع ظلوا جميعا ينظرون إليها، وعلى مدى سنوات طوال من زاوية تتعارض مع نظرتي تعارضا مباشرا......... بيد أننى أرنو في ثقة إلى المستقبل - إلى جيل الشباب والجيل الصاعد من علماء الطبيعة، فهؤلاء سيكون باستطاعتهم النظر بحياد كامل إلى جانبي المسألة» (٧). وها هو أيضا ماكسي بلانك يستعرض سيرته الذاتية في مجال العلم في كتابه «حياتي العلمية»، ونراه يشير في أسى إلى أن «الحقيقة العلمية الجديدة لا تنتصر عن طريق إقناع خصومها وجعلهم يرون الضوء، بل إنها تنتصر بالأحرى لأن خصومها قضوا ووافتهم المنية آخر

(٦) I.B Cohen, "Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof" (Philadelphia, 1956), pp. 93-94.

(٧) Charles Darwin, "On the Origin of Species" ... (authorized edition from 6th English ed.; New York, 1889), II, 295-96.

الأمر، وشب جيل جديد على ألفة معها»[٨].

هذه الوقائع، ومثلها كثير، معروفة وشائعة بين الجميع بحيث لا تحتاج إلى مزيد من التأكيد ولكنها بحاجة إلى تقييم جديد. ذلك لأن البعض كان يستشهد بها في الماضي للدلالة على أن العلماء، وهم بشر مثل غيرهم، لا يعترفون أبدا بأخطائهم حتى وأن جوبهوا بالبرهان القاطع المفحم. غير أنني أود أن أؤكد أن الخلاف هنا لا ينصب على البرهان ولا على الخطأ. إن تحول الولاء من نموذج إرشادى إلى نموذج إرشادى آخر هو تحول أو انقلاب في الخبرة لا يمكن فرضه قسرا. والمقاومة على مدى الحياة، خاصة من جانب أولئك الذين ألزمتهم حياتهم العلمية المثمرة بتقاليد العلم القياسى القديم، لا تعد خرقا لمعايير العلم بل مؤشرا يدل على طبيعة البحث العلمى ذاته. ومنبع المقاومة هو الثقة بأن النموذج الإرشادى القديم سوف يتمكن في نهاية المطاف من حل جميع المشكلات، ومن أن الطبيعة يمكن دفعها دفعا داخل الوعاء الذي يحدده لنا النموذج الإرشادى. والشيء الحتمي أن هذه الثقة تبدو في أوقات الثورة عنيدة شموسا. بيد أنها أيضا شيء آخر أكثر من ذلك. فإن هذه الثقة ذاتها هي التي تجعل العلم القياسى أو العلم المتمثل في صورة حل ألغاز أمرا ممكنا. وأنه من خلال العلم القياسى وحده ينجح المجتمع المهنى للعلماء أولا في استثمار كل ما هو ممكن من حيث نطاق ودقة النموذج الإرشادى القديم، وثانيا في فرز المشكلة التى يمكن أن ينبثق، من خلال دراستها، النموذج الإرشادى الجديد.

يبقى أن نقول إن المقاومة أمر حتمى ومشروع، وأن تغير النموذج الإرشادى لا يمكن تبريره بالبرهان، كل هذا لا يعنى أن الحجج لا قيمة لها، ولا أن لا سبيل لإقناع العلماء بتغيير أفكارهم. وعلى الرغم من أن إتمام التحول يستغرق أحيانا جيلا كاملا، إلا أن المجتمعات العلمية تتحول دائما وأبدا إلى النماذج الإرشادية الجديدة. زد على ذلك أن هذه التحولات تحدث لا على الرغم من أن العلماء بشر بل لأنهم بشر. وإذا كان بعض العلماء خاصة الشيوخ منهم والأكثر والأطول خبرة قد يقاومون لزمن

(٨) Max Planck, "Scientific Autobiography and Other Papers, trans". F. Gaynor (New York, 1949), pp. 33-34.

غير محدد . إلا أن بـالإمكـان إستمالة الكثيريـن منهم بوسيلـة أو بأخـرى . إذ تطّـرد التحولات قليلا قليـلا حتى توافي المنية آخر من آثر التشبث في عناد بـالفكر القديم ، وعندئذ تعود المهنة جميعها إلى العمل في ظل نمـوذج إرشادى واحد ولكنه مختلف عن سـابقة . لـذلك يتعين علينـا أن نسأل كيف يجرى الاقتنـاع بالتحـول؟ وكيف تجرى مقاومته؟

ترى ما نـوع الإجابة التي نتوقعهـا على هذا السؤال؟ حيث أنه سـؤال موجه فقط بشأن تقنيات الإقناع ، أو بشأن الحجة والحجة المقابلة في موقف لا مجال فيه لبرهان ، لذا نعتبره سؤالا جديدا ، يستلزم نوعـا من الدراسة غير مسبوقة . وسوف يتعين علينا أن نقنع بنظرة عامة انطبـاعية وجزئية للغاية . أضف إلى ذلك أن مـا سبق قوله يؤلف مع هذه النظرة العامة كلا واحـدا يفيد بأننا حين نسأل عن الإقناع دون البرهان ، فإن السؤال عن طبيعـة الحجة العلميـة لن تكون له إجـابة وحيـدة أو متسقة . إن العلماء كأفـراد حين يـؤمنـون بنمـوذج إرشادى جـديـدإنما يفعلـون ذلك لشتى الأسبـاب ، وغالبا يكون ذلك لعدة أسباب في وقت واحـد . وبعض هذه الأسباب ـ مثال ذلك عبادة الشمس التي ساعدت على جعل كيبلر يؤمن بنظرية كوبرنيكوس ـ تقع خارج دائرة العلم الظاهرة [٩] . وهناك أسباب أخرى رهن بـالخصوصيات المزاجية للسيرة الـذاتية والشخصيـة . بل إن الجنسيـة القوميـة أو الشهرة السـابقـة للباحث المجـدد وكذلك معلموه يمكن أن يكـون لهم أحيانا دور هام[١٠] ، ومن ثم يتعين علينـا في النهـايـة أن نسأل السـؤال بصيغـة أخـرى . فلن يكـون شـاغلنـا هنـا الحجج

(٩) عن دور عبادة الشمس في فكر كيبلر أنظر:

E. A. Burtt, "The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science" (rev. ed.; New York, 1932), pp. 44-49.

(١٠) عن دور الشهرة أحكي القصة التـالية لنتدبرها معا : بعـد أن ذاع صيت لورد رايلي وأضحت له شهرة راسخـة بلا منـازع قدم إلى الرابطـة البريطانيـة بحثا عن بعض مفارقـات علم الدينـاميكا الكهربـائية . وحدث أن سقط اسمـه سهوا عنـد إرسال البحث في المرة الأولى ، ومن ثم رفضت الرابطة الدراسة بحجة أنها من عمل بـاحث «يهوي اصطناع المفارقات» . وبعد ذلك بفترة وجيزة عرضت الدراسـة مرة ثانية وقد ظهـر عليها اسم صاحبها ، فإذا بها تقبل مشفـوعة بكم هائل من الاعتذارات .

(R. J. Strutt, 4th Baron Rayleigh, John William Strutt Third Baron Rayleigh [New York, 1924], p. 228).

التي تفضي إلى تحول هذا الباحث الفرد أو ذلك، بل إن ما يعنينا هو نوع الجماعة التى تعمد دائما، إن آجلا أم عاجلا، إلى إعادة، تشكيل نفسها كفريق واحد. بيد أننى أرجىء تلك المشكلة إلى الفصل الأخير، قانعا الآن بدراسة بعض أنواع الحجج التي ثبت أنها فعالة ومؤثرة بوجه خاص في المعارك التي تدور بشأن تغيير النموذج الإرشادى.

لعل الحجة الوحيدة الأكثر شيوعا على لسان دعاة كل نموذج إرشادى جديد هي الزعم أن باستطاعتهم حل المشكلات التي قادت النموذج الإرشادى القديم إلى أزمة. وحين يقال هذا على أساس منطقي صحيح فغالبا ما يكون هذا الزعم أكثر المزاعم المحتملة فعالية وتأثيرا، ذلك لأن الحديث موجة إلى جماعة للبحث العلمى يعرف كل واحد فيها أن النموذج الإرشادى في مجال بحثه يعانى من مشكلة. وطبعى أن هذه المشكلة كشفت عن نفسها مرارا. وبذلت محاولات للتغلب عليها، ولكن ثبت فشل هذه المحاولات المرة تلو الأخرى. فتوضع وتجرى «التجارب الحاسمة» ـ أي تلك التجارب القادرة على أن تمايز بحدة كاملة بين النموذجين الإرشاديين ـ ويجري اختبار صدقها حتى قبل ابتداع النموذج الإرشادى الجديد. مثال ذلك ما زعمه كوبرنيكوس من أنه حل المشكلة المزمنة الخاصة بطول السنة الشمسية، وما زعمه نيوتن من أنه وفق بين الميكانيكا الأرضية والسماوية، وكذلك ما زعمه لافوازييه من أنه حل مشكلات تحديد هوية الغاز، وعلاقات الأوزان، وما زعمه أينشتين من أنه جعل علم الديناميكا الكهربية يتسق مع شكل منقح.

ومن المرجح بخاصة أن تنجح المزاعم التي من هذا النوع إذا ما كشف النموذج الإرشادى الجديد عن قدر من الدقة والإحكام الكمي يفوق بها منافسة القديم على نحو لافت للنظر. فإن التفوق الكمى لجداول كبلر الرد ولفينية(*) على جميع الجداول الأخرى التي جرى حسابها وفق نظرية بطليموس كان عاملا أساسيا في تحول علماء الفلك إلى مذهب كوبرنيكوس. ولعل نجاح نيوتن في التنبؤ بأرصاد فلكية كمية كان السبب الوحيد الأهم في انتصار نظريته على النظريات الكيفية المنافسة لها والأكثر

(*) انظر هامش ١٦ ـ الفصل الثالث من التذبيل ـ المترجم.

معقـولية واتسـاقا منهـا . وكذلـك ما لمسنـاه في القرن العشرين فإن النجـاح الكمى المذهل لكل من قـانون بـلانك عن الإشعاعـات ونظريـة بور عن الذرة أقنـع بسرعة كثيرين من علماء الفيزيـاء بتبنى النظريتين على الرغم من أنهما في ضوء علـم الفيـزياء ككل ، قد خلقتا مشكلات أكثر من المشكلات التي أمكن حلها بهما(١١) .

بيـد أن الزعم بحـل المشكلات المثيرة لـلأزمـة نادرا مـا يكفي وحـده . بل وليس بـالإمكان دائما وأبـدا الادعاء بـذلك على نحـو صحيح مشروع . فالـواقع أن نظريـة كـوبرنيكـوس لم تكن أدق من نظريـة بطليموس، ولم تفض مبـاشرة إلى أي تحسن في التقويم الشمسي . وكذلك الحال أيضا بالنسبة للنظرية الموجية عن الضوء فقد ظلت لعدة سنـوات بعد الإعـلان عنها لأول مـرة، دون النظريـة الجسيمية المنـافسة لها من حيث نجاحها في حسم آثار الاستقطاب التي كـانت سببا أساسيا في نشوء أزمة علم البصريات . إذ نلحظ أحيـانا أن الممارسة الأكثـر تحررا التي تميز البحوث غير المألـوفة ينشأ عنها بديل احتيـاطى للنموذج الإرشادى لا يسهم بشيء في بداية الأمـر بالنسبة لحل المشكـلات التي أثارت الأزمـة . وعندمـا يحدث ذلك يصبح لـزاما الاستشهـاد ببراهين مستمدة من قطاعات أخرى من ميدان البحث وهو ما يحدث غالبا . وتكون الحجج المستمـدة من تلك المجـالات مقنعـة على نحـو متميز إذا مـا كـان النمـوذج الإرشادى الجديد يسمح بالتنبوء بالظواهر التي ظلت غير ملحوظة وقتما كان النموذج القديم سائدا .

مثـال ذلك أن نظـرية كـوبـرنيكـوس أفادت بـأن الكواكب لا بـد أن تكـون مثل الأرض، وأن كـوكـب الزهـرة لـه عدة أطـوار، وأن الكـون أرحب وأكبر كثيرا مما كـان متوقعا في السابق . ونتيجة لذلك عنـدما كشف المرقاب «التلسكوب» فجأة بعد وفاة كوبرنيكوس بستين عاما عن وجود جبال فوق سطح القمر، وعن أطوار كوكب الزهرة وعن عدد هائل من النجوم التي لم تكن متوقعة قبل ذلك ، أدت كل هذه المشاهدات إلى تحول عـدد كبير جـدا من البـاحثين إلى النظـريــة الجديـدة خـاصـة من بين غير

---

(١١) عن المشكلات التي خلقتها النظرية الكمية «الكوانطا» انظر:

F. Reiche, "The Quantum Theory" (London, 1922), chaps. ii vi-ix.

وعن الأمثلة الأخرى الواردة في هذه الفقرة انظر المراجع سالفة الذكر في هذا الفصل .

المشتغلين بعلم الفلك[١٢]. أما عن النظرية الموجية فإن ثمة سببا رئيسيا أكثر درامية دفع أصحاب التخصص إلى التحول عن نظرتهم التقليدية. فقد انهارت فجأة المقاومة الفرنسية حتى ليمكن القول إنها انهارت نسبيا بالكامل عندما استطاع فريزنل أن يثبت وجود بقعة بيضاء عند مركز ظل قرص دائرى. وكانت هذه نتيجة لم يكن هو نفسه يتوقعها، فقد أوضح بواسون، وقد كان في البداية أحد خصومة، أنها نتيجة لازمة بالضرورة عن نظرية فريزنل وإن تكن سخيفة[١٣]. ولقد ثبت أن الحجج المماثلة مقنعة بصورة متميزة نظرا لما تحدثه من صدمة، ولأنها لم تكن منذ البداية جزءا واضحا من نسيج النظرية الجديدة. ويمكن أحيانا استثمار قوة الإقناع هذه حتى ولو كانت الظاهرة موضوع البحث سبق رصدها قبل تقديم النظرية التي تفسرها بزمن طويل. مثال ذلك أن أينشتين لم يكن يتوقع، فيما يبدو، أن النظرية النسبية العامة ستفسر بدقة الشذوذ المعروف في حركة نقطة الحضيض لكوكب عطارد، وأحس بزهو الانتصار حين ثبت له ذلك [١٤].

وأن جميع الحجج المؤيدة لنموذج إرشادى جديد، والتي عرضنا لها بالدراسة حتى الآن، إنما ترتكز على القدرة النسبية للمتنافسين على حل المشكلات. ويرى العلماء أن تلك الحجج تمثل عادة أهم الحجج وأقدرها على الإقناع. ولعل الأمثلة السابقة لم تدع ظلا للشك فيما يختص ببيان مصدر قوة تأثير هذه الفكرة. بيد أن هذه الحجج، ولأسباب سنعود إليها بعد قليل، ليست ملزمة سواء أخذناها فرادى أو جملة واحدة. وهناك أيضا لحسن الحظ نوع آخر من التفكير يمكن أن يقود العلماء إلى نبذ نموذج إرشادى قديم لصالح آخر جديد. ونعنى به الحجج، التى نادرا ما يبديها أصحابها صراحة ولكنها تستهوى حس الفرد بالملاءمة أو حسه الجمالى - إذ يقال أن

(١٢) توماس كون. نفس المرجع ص ٢١٩ - ٢٥.

(١٣) E.T. Whittaker, "A History of the Theories of Aether and Electricity", I (2d ed.; London, 1951), 108.

(١٤) انظر نفس المرجع ٢ (١٩٥٣) ١٥١ - ١٨٠ عن تطور النظرية العامة. أما عن رد فعل أينشتين إزاء التطابق الدقيق بين النظرية وبين الحركة المشاهدة لنقطة الحضيض لكوكب عطارد، أنظر الرسالة الواردة في كتاب

P.A. Schilpp (ed.), "Albert Einstein Philosopher-Scientist" (Evanston, Ill., 1949), p. 101.

النظرية الجديدة «أحكم» أو «أكثر ملاءمة» أو «أبسط» من القديمة. وقد تكون مثل هذه الحجج أقل فعالية في مجال العلوم منها في مجال الرياضيات. إذ أن أكثر النماذج الإرشادية الجديدة تبدو في أول أمرها في صورة فجة. ثم تنمو مع الوقت عوامل جاذبيتها الجمالية، ولكن يحدث هذا بعد أن يكون أكثر أبناء المجتمع العلمى قد اقتنع بها عن طريق وسائل أخرى. غير أن الاعتبارات الجمالية يكون لها أحيانا أهمية حاسمة. إذ على الرغم من أنها لا تستهوى في الغالب سوى عدد قليل من العلماء فتجذبهم إلى النظرية الجديدة إلا أن هذه الفئة القليلة قد يتوقف عليها الانتصار الأخير. فلولا انحيازهم السريع إليها، لأسباب شخصية إلى حد كبير، ربما ما كان ليتطور أبدا البديل الجديد للنموذج الإرشادى تطورا كافيا ليجذب إليه ولاء المجتمع العلمي في مجموعه.

وحتى نتبين سبب أهمية هذه الاعتبارات التي يغلب عليها الطابع الشخصي والجمالي، لنتذكر الموضوع الذي يدور الجدال حوله عند تأييد نموذج إرشادى. فالملاحظ عند اقتراح بديل جديد لنموذج إرشادى لأول مرة، قلما يكون هذا البديل قد حل أكثر من بضع مشكلات جابهته، وأن غالبية هذه الحلول لا تزال بعيدة عن درجة الكمال. فنظرية كوبرنيكوس لم تكن قد استطاعت بعد أن تدخل تحسينات على تنبؤات بطليموس بشأن أوضاع الكواكب إلى أن جاء كبلر. وعندما نظر لافوازييه إلى الأكسجين باعتباره «الهواء ذاته برمته» لم تكن نظريته الجديدة قد استطاعت حل المشكلات التي يطرحها تكاثر الغازات الجديدة، وهذه نقطة أفاد منها بريستلي بنجاح عظيم في هجومه المضاد. والحالات المشابهة للنقطة البيضاء التي تحدث عنها فريزنل نادرة جدا. والمعتاد، أنه في فترة متأخرة جدا، أن تبرز الحجج التي تبدو حججا مفحمة بعد أن يكون النموذج الإرشادى الجديد قد نما وتطور وأصبح مقبولا وبدأ استثماره ـــ ومن أمثلة تلك الحجج بندول فوكو لإثبات دوران الأرض أو تجربة فيزو لبيان أن الضوء يتحرك في الهواء أسرع منه في الماء. وتقديم هذه الحجج يشكل جانبا من العلم القياسى، ولا يتجلى دورها خلال الجدال بشأن

النمـوذج الإرشـادى بل يبين هـذا الـدور في الكتب الـدراسية الصـادرة بعـد الثـورة العلمية.

وقبل كتابـة نصوص هـذه الكتب، وبينما يدور الجدال، يبـدو الموقف في صورة مغايرة تماما. إذ يستطيع عادة خصوم النمـوذج الإرشادى الجديد أن يزعموا بناء على سنـد تقليدى أن هـذا النموذج الجديـد أدنى مـرتبة من منـافسه التقليـدى حتى فيما يتعلق بمجـال الأزمة ذاتها. وطبعى أنه يعـالج بعض المشكلات على نحـو أفضل، فضـلا عن أنـه يكشف عن مظـاهـر انتظـام جديـدة. غير أن النمـوذج الإرشـادى القديم، كما هو مفترض، يمكن تعديل صياغته على نحو يفي بهذه التحديات مثلما واجه تحديات أخرى سـابقة. فلقد كان مذهب تايكو براه في الفلك القـائل بمركزية الأرض، وكـذلك الصيغ الأخيرة من نظريـة الفلـوجستون، استجـابتين لتحديـات فرضها بديل جديد عن نموذج إرشادى قائم، وكانت الإستجابتان ناجحتين(١٥). زيادة على هذا فإن الـمدافعين عـن النظريـــة التقليدية والأداء التقليدى كانوا دائما على وجه التقريب يشيرون إلى مشكلات لم يحلهـا المنافس الجديد ولكنها في رأيهم هم لا تمثل مشكلة على الإطـلاق. فالمعروف أنـه والى أن تم اكتشاف تـركيب الماء، كان احتراق الأيدروجين حجـة قوية لصـالح نظريـة الفلوجستون وضـد نطرية لافـوازييه وبعد أن انتصرت نظرية الأكسجين ظلت هذه عاجزة عن تفسير تحضير الغاز القابل لـلاحتراق من الكربـون، وهي ظـاهرة أشـار إليهـا أصحاب نظـريـة الفلوجستـون باعتبارها سندا قويا يدعم رأيهم(١٦). بل نلحظ حتى في المجال الخاص بالأزمة أن

(١٥) عن مذهب تايكو براه الذي كان من الناحية الهندسية مكافئا تماما لمذهب كوبرنيكوس انظر:

J.L.E. Dreyer, "A History of Astronomy from Thales to Kepler" (2d ed.; New York, 1953), pp. 359-71

وعن الصيغ المتأخرة لنظرية الفلوجستون ونجاحه انظر:

J.R. Partington and D. McKie, "Historical Studies of the Phlogiston Theory," Annals of Science, IV (1939), 113-49.

(١٦) عن المشكلة التي أثارها الايدروجين انظر:

J. R. Partington, "A Short History of Chemistry" (2d ed.; London, 1951,), p. 134.

وعن أول أكسيـد الكـربون انظـر:

H. Kopp, Geschichte der Chemie, III (Braunschweig, 1845), 294-96.

ميزان الحجة والحجة المضادة كان يميل أحيانا إلى التوازن ؛ أما خارج هذا المجال فقد كان الميزان في الغالب يميل في حسم لصالح التقليد القديم. لقد حطم كوبرنيكوس تفسيرا ظل موضع تمجيد على مدى الزمان يفسر حركة الأرض دون أن يقدم بديلا عنه. وفعل نيوتن الشيء ذاته بالنسبة للتفسير القديم للجاذبية. وهذا هو ما فعله أيضا لافوازييه بالنسبة للخصائص المشتركة بين المعادن، وهكذا وهكذا. صفوة القول أن أي نموذج إرشادى جديد مرشح ليكون بديلا عن نموذج إرشادى قديم إذا كان لابد وأن يصدر الحكم لصالحه منذ بداية نشأته على لسان أصحاب الفكر الجامد العنيد الذين عنوا فقط بفحص القدرة النسبية للنموذج الجديد على حل المشكلات، فإن هذا يعنى أن العلوم لن تشهد من الثورات العلمية الكبرى سوى عدد محدود جدا. وإذا أضفنا إلى ذلك الحجج المقابلة التي يبنيها أصحابها على أساس ما سبق أن وصفناه بلا قياسية النماذج الإرشادية، فسوف تكون النتيجة هي أن العلوم ربما لا تشهد ثورات على الإطلاق.

بيد أن الجدال الذي يدور بشأن النماذج الإرشادية لا يتعلق في واقع الأمر بالقدرة النسبية على حل المشكلات، هذا على الرغم من أنها تغلف عادة بهذه العبارات لأسباب لها وجاهتها. ونلحظ بدلا من ذلك أن القضية موضوع النزاع هي أي هو النموذج الإرشادي الذي سوف يوجه البحث العلمى مستقبلا بشأن مشكلات يعجز كل نموذج منافس حتى عن الزعم بقدرته على حلها تماما؟. فالأمر يختص هنا بقرار يحسم بين نهجين بديلين متعارضين في ممارسة العلم، وأن قرارا كهذا في ضوء الظروف المبينة، لا بد وأن يرتكز على ما يبشر به مستقبلا أكثر مما يرتكز على إنجازات الماضى. وأن الباحث الذى يعتنق نموذجا إرشاديا جديدا في مرحلة باكرة يجد لزاما عليه في الغالب الأعم أن يفعل ذلك دون اعتبار للشواهد المستمدة من حل المشكلات. معنى هذا أن لا بد وأن تتوفر لديه الثقة في أن النموذج الجديد سوف ينجح في حل المشكلات الضخمة الكثيرة التي تواجهه، مدركا فقط أن النموذج الإرشادى القديم قد أخفق مع بعضها. وقرار كهذا لا يمكن أن يتم إلا على أساس من الثقة الذاتية.

هذا أحد الأسباب التي تؤكد الأهمية الكبري للأزمة السابقة على طرح النموذج

الإرشـادى الجديد. وأن العلماء الـذين لم يعـاينوا تلك الأزمـة نـادرا ما يتخلـون عن الدليل الواقعي المحكم الخاص بالقـدرة على حل المشكلات مقابل السير وراء ما قد يبين في سهـولة أنـه سراب خادع وينظـر إليه بعـامة على أنـه كذلك. ولكن الأزمـة وحدها لا تكفي. إذ لا بد أن يكون هناك أيضـا أساس للثقة في اختيار البديل حتى وإن لم تكن ثمة حاجـة لأن يكون الأساس عقلانيا أو صوابـا في النهاية، إذ لا بد أن شيئا ما جعل بعض العلماء يشعرون بأن الاقتراح الجديد يمثل النهج السليم، وقد لا يكون هذا الشيء أحيانا سوى اعتبارات شخصية وجمالية غيربينة المعالم. ولقد كانت هذه الاعتبارات سببا في تحول بعض الباحثين إلى ذلـك الاتجاه في أوقات كانت غالبية الحجج الفنية الـواضحة المعـالم تشير إلى الاتجاه الآخر. فـالملاحظ أن كلا من نظـرية كوبـرنيكوس في الفلك ونظريـة دى بروجلي عن المادة لم تكن لهما عنـد تقديمهما لأول مـرة أسباب أخـرى هامـة غير تلك تبرر جـاذبية أي منهما. بل إن النظـرية النسبيـة العامة لأينشتين تجتذب الناس اليوم لأسباب جمالية أساسا، وهي جاذبية لا يشعر بها غير عدد قليل ممن يعملون خارج حقل الرياضيات.

ليس معنى هذا أن النماذج الإرشادية الجديـدة تنتصر في النهاية من خلال حسى جمالي غيبي، بل على العكس فإن قليلين جـدا هم الذين يهجـرون التقليد لمثل هـذه الأسبـاب وحدهـا. وغالبـا مـا يكون هـؤلاء الخارجين قد ضلـوا السبيل. ولكن أي نموذج إرشادى لا بد لـه لكى ينتصر من أن يكسب أول الأمر بعض المؤيدين، وهم رجال ينـاط بهم أمر تطويـره إلى الحد الذي يفضى إلى ظهـور وتكاثر الحجج القـوية المؤيـدة له. إلا أن هـذه الحجج حين تتوفـر لا تكون حـاسمة في ذاتها. إذ نظـرا لأن العلماء رجال عقلاء، فإن هذه الحجة أو تلك سوف تقنع في النهاية الكثيرين منهم. ولكن لا توجد حجة وحيـدة فريدة يمكن أن تقنع الجميع. وأن ما يحدث ليس تحول فريق واحد جملة إلى المعتقد الجديد بل الأصح هـو تغير يتزايد بإطراد في توزيع مظان الاقتناع بين أبناء التخصص.

في البداية قد يجد البديل الجديد عن النموذج الإرشادى عددا قليلا من الأنصار، وقد يكون الشك هو الدافع المحرك لهؤلاء الأنصار أحيـانا. ومع هذا فإذا كانوا أكفاء

وأهـلا لما هم بصـدده فإنهم سـوف يطـورون هــذا البـديل الجديـد ويكشفـون عن إمكانيـاته، ويـوضحون المستقبل الـذي ينتظر المجتمع العلمـى الذي يسترشـد به. وبينما يحدث كل هـذا فإن النموذج الإرشـادى إذا كان مقـدرا له أن يفـوز في معركتـه فسوف تـزداد الحجج المؤيـدة له عـددا وقدرة على الإقنـاع. وهنا يـزداد بالتـالى عدد العلماء الـذين يتحولـون إليه، وتطـرد الدراسـات الاستطلاعيـة للنموذج الإرشـادى الجديد. وتتضـاعف شيئا فشيئا التجـارب والأدوات والأجهزة والـدراسات والكتب التي تـرتكز على هـذا النمـوذج الإرشادى الـوليد. ويتـزايـد عدد البـاحثين المؤمنين بجدوى النظرة الجديدة، ومن ثم يتبنون النهج الجديد في ممارسة العلم القياسى حتى لا يتبقى أخيرا سـوى حفنـة قليلة من الـرافضين العجـائز. وحتى هـؤلاء لا نستطيع القول إنهم مخطئون. إذ على الـرغم من أن المؤرخ يمكن أن يجد دائما - وخير مثال على ذلك بريستلي - من يستمرون في المقاومة لأطول فترة ممكنة دون مبرر ظاهر ومعقول إلا أنه لن يجد نقطة محددة تصبح المقاومة عندهـا غير منطقية أو غير علمية. غاية الأمر قد يستهـوية القـول بأن من يستمر في المقـاومة بعـد تحول كل أبناء تخصصـه إنما قد توقف بحكم الأمر الواقع عن أن يكون عالما.





الفصل الثالث عشر
الثورة سبيل التقدم

تضمنت الصفحات السابقة ما آراه عرضا تخطيطيا عاما للتطور العلمى، وقد أفضت فيه بالقدر الذي سمحت به هذه الدراسة. بيد أنه على الرغم من هذا لم يصل بنا تماما إلى نتيجة نهائية. وهب أن هذا العرض قد أوضح وكشف طبيعة البنية الرئيسية للتطور المتصل للعلم إلا أنه سيطرح في الوقت نفسه مشكلة خاصة: لماذا هذا المشروع الذى عرضناه آنفا يتقدم باطراد وثبات عبر مسارات لا يسير فيها على سبيل المثال الفن أو النظرية السياسية أو الفلسفة؟ لماذا نجد التقدم مطلبا يستأثر به النشاط الذى اصطلحنا على تسميته العلم دون سواه؟ إن أكثر الإجابات شيوعا على هذا السؤال أنكرتها سطور هذه الرسالة. ومن ثم يتعين علينا أن نختتمها بالسؤال عما إذا كان بالإمكان الاهتداء إلى إجابات بديلة.

لعل القارىء يدرك مباشرة أن جزءا من هذا السؤال سيما نطيقى خالص (أي أنه لغوي يتعلق بدلالات الألفاظ ومعانيها والعلاقات بينها ــ المترجم). فمصطلح «العلم» يكاد يكون قاصرا إلى حد كبير جدا على مجالات تتقدم وفق سبل واضحة. ولا يتبدى ذلك جليا مثلما يتبدى في الجدال المتكرر بشأن ما إذا كان هذا العلم أو ذاك من العلوم الاجتماعية المعاصرة يعتبر علما حقا أم لا. ونجد لهذا الجدل نظيره في الفترات السابقة على وضع نموذج إرشادى لمجالات البحث التى باتت تصنف اليوم دون تردد بأنها علم. فالقضية التى ثار بشأنها الخلاف دائما وأبدا هى تحديد ذلك المصطلح الذي لا ينتهي الجدل بشأنه. هناك على سبيل المثال من يؤكدون أن علم النفس علم لأنه مبحث يتوافر فيه كذا وكذا من الخصائص المميزة. ويعارض آخرون هذا الرأي مؤكدين إما أن هذه الخصائص غير ضرورية أو غير كافية لكي تجعل من المبحث الدراسى علما. وغالبا ما يستنفد الجدال طاقة كبيرة، ويثير انفعالات حادة،

ويظل الغريب عن الميدان ضائعا في حيرة لا يعرف سببا. ترى هل جل الأمر رهن بتحديد «العلم»؟ هل يمكن للتعريف أن يهدى إنسانا ليعرف ما إذا كان هو رجل علم أم لا؟ إذا كان الأمر كذلك لماذا لايجهد علماء الطبيعة أو الفنانون أنفسهم بشأن تعريف المصطلح؟ لامفر من أن يساور المرء شك في أن أساس القضية أعمق مما يبدو في ظاهرة. ولعل أسئلة مثل الأسئلة التالية أجدر بالسؤال في الواقع: لماذا يخفق مجال بحثى فى التحرك قدما على نحو ما يمضى علم الفيزياء مثلا؟ ما هي التغيرات في التكنيك أو المنهج أو الأيديولوجيا التي تمكنه من أن يكون كذلك؟ بيد أن هذين السؤالين ليس من شأن الإجابة عليهما أن تصل بنا إلى اتفاق خاص بالتعريف. علاوة على هذا فلو أن سوابق العلوم الطبيعية تفيد في الحكم على ذلك، إلا أن هذه الأسئلة لن تكف عن الإلحاح كمشكلة مؤرقة عند الوصول إلى التعريف بل عندما تصل جماعات الباحثين الذين يتشككون الآن في مكانتهم إلى إجماع في الرأي بشأن إنجازاتهم في الماضى والحاضر. ولعل من الأمور ذات الدلالة على سبيل المثال أن علماء الاقتصاد أقل جدالا بشأن بيان ما إذا كان مجال بحثهم علما أم لا من غيرهم من الباحثين في مجالات العلوم الاجتماعية الأخرى. ترى هل سبب ذلك أن علماء الاقتصاد يعرفون عن يقين ما هو العلم؟ أم أن السبب بالأحرى هو أن علم الاقتصاد هو المبحث الذي التقت آراؤهم بشأنه.

هذه النقطة لها معكوسها الذي وإن لم يعد سيمانطيقيا خالصا إلا أنه قد يساعد على كشف الروابط الوثيقة التي لا تنفصم بين أفكارنا عن العلم وبين التقدم. فعلى مدى قرون طويلة، سواء في العصور القديمة أم على مشارف التاريخ الأوربي الحديث، وكان ينظر إلى الرسم بالزيت باعتباره المبحث التراكمي. لقد كان المفترض طوال هذه السنين أن هدف الفنان هو التعبير بالرسم والصورة. ونجد نقادا ومؤرخين من أمثال بليني وفازاري سجلوا في إجلال وتوقير سلسلة الابتكارات ابتداء من فن التقصير ومرورا بالرسم القائم على توزيع الضوء والظل، مما يسر تدريجيا وعلى التوالي الوصول إلى تصوير الطبيعة على نحو أكمل(١). بيد أن هذه هي أيضا السنوات،

(١) E. H. Gombrich, Art and Illusion: "A Study in the Psychology of Pictorial Representation" (New York, 1960), pp. 11-12.

وخاصة أعوام عصر النهضة، التي شهدت انقساما بسيطا بين العلوم والفنون. لقد كان ليوناردو واحدا فقط من بين كثيرين ممن تنقلوا بحرية هنا وهناك بين المجالات التي لم تعد متمايزة تمايزا مطلقا إلا في فترة متأخرة [٢]. فضلا عن ذلك، وحتى بعد أن توقف هذا التبادل، ظل مصطلح «الفن» ينطبق بنفس القدر على التكنولوجيا والحرف الصناعية، وهي فنون كان ينظر إليها هي الأخرى باعتبارها فنونا مطردة التقدم على مراحل، شأنها شأن الرسم بالزيت أو النحت. ولكن بعد أن نبذ هذان الأخيران نبذا تاما القول بأن التعبير بالرسم هو هدفهما وعادا إلى التعليم من جديد من المدارس البدائية، هنا فقط اتخذ الانقسام الذي نأخذه نحن اليوم مأخذ التسليم بعده العميق الراهن. بل نحن اليوم إذا كنا نواجه صعوبات شتى عند بيان الفارق العميق الذي يمايز العلم عن التكنولوجيا فإن ذلك يرجع جزئيا دون شك إلى أن التقدم سمة واضحة لهذين المجالين.

بيد أن الأمر لن يتجاوز حدود التوضيح فقط دون أن يمتد إلى حل مشكلتنا الراهنة إذا ما سلمنا بأننا نعتزم أن نسبغ صفة العلم على كل مجال نلحظ التقدم فيه سمة أساسية. ويبقى بعد ذلك مشكلة أن نفهم لماذا ينبغي اعتبار التقدم خاصية هامة إلى هذا الحد لأي مشروع يلتزم في توجهه بالتقنيات والأهداف المبينة في هذه الدراسة. ينطوي هذا السؤال على عديد من الأسئلة في سؤال واحد، ولذا سوف يتعين علينا بحث كل منها على حدة. بيد أن حلها في جميع الأحوال، عدا الحالة الأخيرة، سوف يتوقف جزئيا على أن نعكس نظرتنا العادية إلى العلاقة بين النشاط العلمي وبين المجتمع المتخصص في ممارسته. وسوف يتعين علينا هنا أن نضع الأسباب موضع ما اصطلحنا على أنه نتائج. فإذا تسنى لنا هذا فإن العبارتين «التقدم العلمي» و«الموضوعية العلمية» قد تبدوان لنا من جانب وكأنهما تزيُّد في الحديث أو حشو. وسبق أن قدمنا مثالا يوضح جانبا من هذا الحشو. ترى هل يحقق أي مجال تقدما لأنه علم أم أنه علم لأنه يحقق تقدما؟

(٢) نفس المرجع ص ٩٧ ـ وأيضا: Giorgio de Santillana, "The Role of Art in the Scientific Renaissance," in Critical Problems in the History of Science, ed. M. Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 33-65.

لنسأل الآن لماذا يتعين على مشروع مثل العلم القياسى أن يحرز تقدما؟ ولنبدأ بذكر قليل من أبرز سماته المميزة. المألوف عادة أن أبناء كل مجتمع علمى ناضج يعملون انطلاقا من نموذج إرشادى وحيد، أو انطلاقا من مجموعة من النماذج الإرشادية المرتبطة ببعضها ارتباطا وثيقا. ونادرا جدا ما يحدث أن تجرى جماعتان مختلفتان للبحث العلمى ذات البحوث في نفس المجال. والملاحظ في مثل تلك الحالات الاستثنائية أن تجمع هاتان الجماعتان بين عديد من النماذج الإرشادية الأساسية تكون مشتركة فيما بينهما. بيد أن النتيجة الناجمة لأى عمل إبداعى إذا ما نظر إليها من داخل أي مجتمع مهني وحيد، سواء أكان مجتمع علماء أم غير علماء، فسوف ينظر إليها على أنها تقدم. وإلا كيف يمكن أن تكون أي شيء آخر؟ لقد بينا توا على سبيل المثال أنه في الوقت الذي اتخذ الفنانون من التعبير باالرسم هدفا لهم عمد النقاد والمؤرخون على السواء إلى عرض مراحل التطور التاريخي للجماعة التى تبدو جماعة موحدة في الظاهر. وتكشف مجالات إبداعية أخرى عن تقدم من نفس النوع. ففقيه الدين الذي يفسر العقيدة، أو الفيلسوف الذي يصقل الأوامر المطلقة عند كانط يسهم في التقدم ولو تقدم الفريق الذي يشاركه مقدمات فكره الأساسية. ولا توجد مدرسة إبداعية تسلم بوجود ضرب أو صنف من النشاط يمثل من ناحية نجاحا إبداعيا بينما لا يمثل من ناحية أخرى إضافة للإنجاز الكلي للفريق. وإذا ما ساورنا الشك، كما هو حال كثيرين، في أن المجالات غير العلمية تحرز تقدما، فليس سبب ذلك أن المدارس القائمة بذاتها عاطلة من التقدم، وإنما السبب بالأحرى هو أن هناك دائما مدارس متنافسة كل منها تتشكك في الأسس الجوهرية التي تقوم عليها المدارس الأخرى. مثال ذلك أن المفكر الذي يدفع بأن الفلسفة لم تحرز تقدما ما إنما يؤكد أنه لا يزال هناك مفكرون أرسطيون وليس أن الأرسطية أخفقت في إحراز تقدم.

غير أن هذه الشكوك بشأن التقدم تثار في مجال العلوم أيضا. فطوال الفترة السابقة على النموذج الإرشادى، حيث يوجد كثير من المدارس المتنافسة، يتعذر للغاية الاهتداء إلى دليل على التقدم إلا داخل إطار المدارس. وهذه هي الفترة التى

عرضناها في الفصل الثاني باعتبارها الفترة التي يمارس الأفراد أثناءها العلم ولكن نتائج مشروعهم لا تمثل إضافة إلى العلم على نحو ما نعرفه الآن. كذلك فإنه خلال فترات الثورة العلمية حيث تكون المعتقدات الأساسية لمجال ما موضوع خلاف مرة أخرى، تثار الشكوك مرارا بشأن إمكانية إحراز تقدم متصل لو تم إقرار هذا أو ذاك من بين النماذج الإرشادية المتعارضة. مثال ذلك أن من رفضوا مذهب نيوتن زعموا أن إعتماد هذا المذهب على قوى فطرية متأصلة سوف يرد العلم ثانية إلى عصور الظلام. وكذا أولئك الذين عارضوا كيمياء لافوازييه ذهبوا إلى أن رفض «المباديء» الكيميائية لحساب عناصر جاهزة في المعمل هو رفض للتفسير الكيميائي الذي تم إنجازه، وأن هذا الرفض جاء على يد أولئك الذين يحتمون وراء اسم مجرد. وثمة شعور مماثل، وإن عبر عنه أصحابه بصورة أكثر اعتدالا، يشكل فيما يبدو الأساس في معارضة أينشتين وبوم وغيرهما للتفسير الاحتمالي السائد لميكانيكا الكم «الكوانطا». صفوة القول أن التقدم يبدو واضحا ومؤكدا خلال فترات العلم القياسى فحسب. غير أن المجتمع العلمى لا يمكنه خلال تلك الفترات إلا أن ينظر إلى ثمار جهده على هذا النحو دون سواه.

إذن نجد فيما يتعلق بالعلم القياسى أن جانبا من الإجابة على مشكلة التقدم يكمن ببساطة في نظرة المشاهد. فالتقدم العلمى لا يختلف من حيث طبيعته عن التقدم في المجالات الأخرى، ولكن ما نلمسه في غالب الأحيان من غياب للمدارس المتنافسة التى تثيرها التساؤلات بشأن أهداف ومعايير بعضها بعضا هو ما يجعل تقدم المجتمع العلمى القياسى أيسر للعين فتستبينه بسهولة أكبر. بيد أن هذا ليس سوى جانب من الإجابة، فضلا عن أنه ليس أهم جوانبها على الإطلاق. فقد سبق أن أوضحنا على سبيل المثال أنه ما أن يؤدي قبول وإقرار نموذج إرشادى مشترك إلى تحرر المجتمع العلمي من الحاجة الدائبة إلى إعادة فحص ودراسة مبادئة الأولية، حتى يصبح في إمكان أعضاء المجتمع أن يركزوا جهودهم على أكثر ظواهره التي تشغلهم تخصصا ودقة. ومن المقطوع به أن يؤدي هذا إلى زيادة كل من فاعلية وكفاءة الفريق في مجموعة خلال سعيه لحل المشكلات الجديدة. وهناك أيضا جوانب أخرى للحياة

المهنية في مجال العلوم من شأنها تحقيق المزيد من الدعم والتعزيز لهذه الفعالية الخاصة للغاية.

بعض هذه الجوانب هي نتائج مترتبة على الانعزالية أو الاستقلالية التي لا نظير لها التي تعزل المجتمعات العلمية الناضجة عن متطلبات العامة والحياة اليومية. ولم تكن هذه العزلة أبدا كاملة تماما ـ ونحن هنا نتحدث عن أمور تتعلق بالدرجة. إلا أنه لا توجد مجتمعات مهنية أخرى، غير جماعات البحث العلمى، يكون فيها العمل الإبداعى الفردي موجها بالكامل ودون استثناء إلى أعضاء آخرين من نفس التخصص يتولون هم تقييمه. فإن أكثر الشعراء إيغالا في الغرابة أو أكثر فقهاء الدين إمعانا في التجريد يعنيه أكثر مما يعني العلماء استحسان العامة لعمله الإبداعي، حتى وإن كان دون العلماء اهتماما بأمر الاستحسان بمعناه العام. وهذا فارق له شأن كبير، وتترتب عليه نتائج هامة. إذ نظرا لأن العالم يعمل فقط لجمهور يتألف من أقرانه وزملائه في المهنة، وهو جمهور يشاركه قيمه ومعتقداته، لذا يستطيع أن يأخذ مجموعة بذاتها من المعايير مأخذ التسليم. إنه لا يشغل باله بما قد يراه أو يفكر فيه فريق آخر أو مدرسة أخرى، ومن ثم يمكنه أن يفرغ من مشكلة إلى غيرها على نحو أسرع مما يفعل آخرون من أجل فريق أكثر اختلافا معهم في الرأي والمعتقد. بل والأهم من ذلك أن عزلة جماعة البحث العلمى عن المجتمع العام الواسع يتيح للباحث العلمى الفرد أن يركز اهتمامه على المشكلات التى لديه من الأسباب المعقولة ما يبرر له الاعتقاد بقدرته على حلها. إن الباحث العلمى ليس شأنه شأن المهندس أو كثيرين من الأطباء وأكثر فقهاء الدين، من حيث أنه ليس مضطرا إلى اختيار المشكلات لأنها بحاجة إلى حل عاجل وملح دون اعتبار للأدوات المتاحة له لحلها. ومن الأمور الهامة ذات الدلالة هنا أيضا التباين بين علماء الطبيعة وبين الكثيرين من العلماء الاجتماعيين. فهؤلاء غالبا ما ينزعون إلى الدفاع عن اختيارهم لمشكلة يتخذونها موضوعا لبحثهم ـ وهو ما لا يكاد يفعله علماء الطبيعة بتاتا ـ مثال ذلك نتائج التمييز العرقى أو أسباب الدورة التجارية لرأس المال ـ ويعمد العلماء الاجتماعيون إلى الدفاع أساسا عن اختيارهم هذا بعبارات تكشف عن الأهمية الاجتماعية للوصول إلى

حل للمشكلة . إذن أي فريق من بين هؤلاء نتوقع له أن يحل مشكلاته بسرعة أكبر؟

وإن آثار العزلة عن المجتمع الكبير تتضخم كثيرا بفعل سمة أخرى من سمات المجتمع العلمى المهني، إلا وهي طبيعة التنشئة التعليمية في البداية . ففي الموسيقى وفنون الجرافيك والأدب يكتسب المتخصص في هذه الفنون تعليمه عن طريق مشاهدة أعمال الفنانين الآخرين خاصة الفنانين الأوائل . هذا بينما يكون للكتب الدراسية، دور ثانوي فقط، فيما عدا المختصرات من النصوص المختارة أو الكتيبات التى تتناول الإبداعات الأصلية . ولكننا نجد للكتب الدراسية أهمية كبرى في مجالات التاريخ والفلسفة والعلوم الاجتماعية ولكن حتى في هذه المجالات يستخدم المنهج التعليمى الأولى في المعاهد الدراسية قراءات مناظرة للنصوص الأصيلة، ويمثل بعضها «كلاسيكيات» التخصص، ويمثل بعضها الآخر التقارير البحثية المعاصرة التي يكتبها ويتبادلها المتخصصون في مجال البحث بين بعضهم بعضا . ونتيجة لذلك يجري دائما وأبدا العمل على توعية الدارس لأي من هذه المجالات بالتنوع الشديد للمشكلات التي يحاول مع مرور الزمن أعضاء فريقه حلها . وأهم من ذلك كله أنه يجد بين يديه بصورة مطردة عددا من الحلول المتجانسة وغير المتجانسة لهذه المشكلات، وهي حلول يتعين عليه في النهاية أن يصدر عنها تقييما لنفسه .

لنحاول أن نقارن بين هذا الوضع وبين الوضع في العلوم الطبيعية المعاصرة على أقل تقدير. نلحظ في هذه المجالات أن الطالب يركن أساسا إلى الكتب الدراسية، ويظل كذلك إلى أن يبدأ بحثه المستقل في عامه الثالث أو الرابع من دراسته للتخرج . ونلحظ أيضا أن أكثر المقررات الدراسية في العلوم لا تطالب حتى الخريجين بالاطلاع على أعمال لم تكتب خصيصا للطلاب . والقليل النادر من البرامج التى تعين قراءات تكميلية من خلال الاطلاع على البحوث والرسائل المتخصصة نجدها تقصر هذه القراءة على أكثر المقررات الدراسية تقدما وعلى المواد التي تعرض بدرجة أو بأخرى ما أغفلته الكتب الدراسية المتداولة . وتظل الكتب الدراسية حتى المراحل النهائية في تعليم الباحث العلمى هي البديل بانتظام عن الدراسات العلمية

الإبداعية التي هي العلة والأساس في تأليف تلك الكتب. ونظرا لثقة العلماء في النماذج الإرشادية التي يلتزمون بها والتي تيسر هذا التكنيك التعليمي، لذا فإن القليلين منهم هم الذين تحدوهم رغبة في تغييرها. إذن لماذا بعد كل هذا يسعى طالب الفيزياء، كمثال، إلى قراءة أعمال نيوتن أو فاراداي أو أينشتين أو شرودنجر مادام كل ما يريد معرفته عن هذه الأعمال ميسور بين يديه وقد أعادت عرضه كتب دراسية حديثة في صورة أكثر اختصارا وأكثر تحديدا وأكثر تنسيقا؟

وبدون الرغبة في الدفاع عن الأبعاد المفرطة التي وصل إليها هذا الطراز من التعليم أحيانا، فإن المرء لا يسعه إلا الإشارة إلى أنه بوجه عام كان فعالا إلى حد كبير. وهو بطبيعة الحال تعليم ضيق ومحدود وجامد، بل وربما يكون أكثر ضيقا وجمودا من أي مجال آخر، ربما باستثناء الدراسات المتزمتة الخاصة بتعليم أصول الدين. بيد أن الباحث العلمى يكون مهيأ على أكمل وجه تقريبا للعمل العلمى القياسى أى لحل الألغاز في إطار التقليد الذي تحدده له الكتب الدراسية. زد على ذلك أنه مهيأ على نحو جيد لأداء مهمة أخرى مماثلة ــ إثارة أزمات هامة ذات دلالة من خلال العلم القياسى. وحين تثار هذه الأزمات لا يكون العالم بطبيعة الحال مهيأ لها بنفس الدرجة. وحتى إذا كان من المحتمل أن تؤثر الأزمات المزمنة بصورة تجعل الممارسة التعليمية أقل جمودا، إلا أن التدريب العلمى ليس معدا إعدادا جيدا لإنتاج الإنسان القادر على أن يكتشف بسهولة نهجا جديدا في تناول المشكلات. ولكن طالما ظهر شخص ما يبشر بنموذج إرشادى جديد بديل ـ ويكون عادة باحثا شابا أو جديدا على مجال البحث ـ فإن أضرار الجمود تعود على الفرد وحده، وحين يتهيأ جيل يتولى إنجاز التغيير، يصبح الجمود الفردي متناقضا مع مجتمع قادر على التحول من نموذج إرشادى إلى نموذج إرشادى آخر حيث أن الموقف يتطلب ذلك. ويبدو هذا التناقض واضحا بوجه خاص عندما يصبح هذا الجمود ذاته مؤشرا حساسا للمجتمع يدله على أن خطأ ما قد وقع.

لذا فإن كل مجتمع علمى إنما يعتبر في حالته العادية، أداة شديدة الفعالية لحل المشكلات أو الألغاز التي تحددها نماذجه الإرشادية، علاوة على هذا، فإن نتيجة

حل تلك المشكلات لا بـد أن تكون بالقطـع تقدما. وليس في هـذا القول ما يـدعو للـريبة أو الشك. غير أنـه يلقى ضوءا فقط على الجانب الثـاني الرئيسي من مشكلـة التقـدم في العلوم، وهـو التقدم من خـلال العلم غير العـادى، وهو مـا انتقل الآن للنظر فيـه. لماذا يكون التقدم في صـورته العامـة ظاهـرة ملازمة دائما وأبـدا للثورات العلمية؟ أعـود لأقول إننـا سنعرف الكثير إذا ما انصب سـؤالنا على النتـائج الأخرى المحتملة لحدوث ثـورة علمية. تنتهي الثورات بـالانتصار الكامل لأحـد المعسكرين المتعارضين. تـرى هل يمكن لهذا الفريق أن يقـول أن نتيجة انتصـاره شيء آخر دون التقدم؟ إن هذا الفرض أشبه بالقول بأنهم كانوا على خطأ وكان خصومهم على حق. ولا ريب في أن حصاد الثورة لا بد أن يبدو في نظـرهم على الأقل تقدما، وقد أضحوا في وضع أمثل يجعلهم على يقين من أن أعضـاء جماعتهم العلميـة في المستقبل سـوف ينظـرون إلى التـاريخ الماضي بنفس نظـرة اليـوم. ولقـد عـرض الفصل الحادى عشر تفصيلا التقنيات التربوية لتحقيق هذا الهدف، وكل ما فعلناه هنا أننا استعدنا جانبا وثيق الصلة بالحياة العملية المتخصصة. فالمجتمع العلمى حين ينبذ نموذجا إرشاديا كان سائدا في الماضي إنما يتخلى في الوقت ذاته عن أكثر الكتب والمقالات التي تجسد هذا النموذج الإرشـادى إذ لم تعد مادة مناسبة للدراسـة المهنية المدققة. والملاحظ أن تعليم العلوم لا يستخدم وسيلـة معادلة لمتحف الفنون أو مكتبة الكـلاسيكيات، مما يؤدي أحيـانا إلى حدوث ما يشبـه التشوه الشديد في رؤيـة رجل العلم لماضى مبحثه العلمى. وينتهى بـه هذا، على نحـو يتجاوز كثيرا البـاحثين في المجالات الإبـداعية الأخرى، إلى الاعتقـاد بأن مبحثة العلمى مبحث سـار في خط مستقيم أفضى به إلى حالته الراهنـة بكل ما تتصف به من تميز. والخلاصة أنه يعتبر هـذا الماضى في النهاية تقدما. ولا بديل آخر أمامه طالما بقى داخل مجال تخصصه.

تلك الملاحظـات سـوف توحى حتما بأن عضـو المجتمع العلمى النـاضج مثلـه كمثل الشخصيـة النمطيـة في روايـة جـورج أورويل «العـالم عــام ١٩٨٠»، هـذه الشخصية التى كـانت ضحية التاريـخ الذى أعادت كتـابته السلطات القـائمة على شئـون البـلاد. عـلاوة على هـذا فإن الإيحاء المشـار إليـه ليس بـالشيء الشـاذ على

الإطلاق. فثمة خسائر، مثلما هناك مكاسب، للثورات العلمية، وينزع العلماء عادة إلى التغافل وإخفاء الخسائر بخاصة [٣]. ومن ناحية أخرى ليس بإمكان أى تفسير للتقدم من خلال الثورات أن ينتهى عند هـذه النقطة. إذ لو حدث ذلك لكان معناه القول ضمنا بأن القوة تصنع الحق في مجال العلوم، وهي قاعدة لن تكون خطأ تماما ما لم تحجب قسرا طبيعـة العملية والسلطة اللـذين يتم بمقتضـاهما الاختيار بين النماذج الإرشادية. إذ لـو كانت السلطة وحدهـا، خاصة لو كـانت سلطة غير مهنية، هي الحكم الـذي يفصل بين أنواع الجدل الدائر بشـأن النموذج الإرشادى، فـإن حصاد ذلك الجدل قد يظل ثورة، ولكن دون أن يكون ثورة علمية. إن وجود العلم ذاته رهن بأن تكون سلطة الاختيار بين النماذج الإرشاديـة مخولة لأعضاء من نوع المجتمع ذاته. أمـا إلى أى حـد يجب أن يكون هـذا المجتمع متخصصـا إذا مـا كـان للعلم أن يبقى وينمو بـاطراد فهـذا ما قـد يكشف عنه مـدى ضعف قبضة الإنسـانية على المشروع العلمى. إن كل حضـارة من الحضـارات التي تملك وثائق تسجيليـة عنهـا امتلكت تكنولوجيا وفنـا ودينا ونظاما سياسيا وقوانين ومـا إلى ذلك. ولقد كانت هذه الجوانب في كثير من الحالات متطورة مثل حضارتنا. ولكن الحضارات التى انحدرت إلينا عن اليونان الهيلينيـة عرفت ما هو أكثـر من العلم الأولى الخالص. إن الكم الأساسي من المعرفـة العلمية هو نتاج أوربـا على مدى القرون الأربعة الأخيرة. ولم يحدثنـا التاريخ عن أي مكان آخر أو زمـان غير هذا توفر فيهما الدعم والتأييـد للمجتمعات العلمية الشديدة التخصص التي هي معين الإنتاجية العلمية.

فما هي الخصائص الجوهرية لهذه المجتمعات؟ واضح أن الأمـر بحاجة إلى مزيد من الدراسـة المستفيضة. ولكن الشيء الميسور الآن فقط في هذا المجـال هو مبادىء عـامة تقـريبية للغـاية. ولكن يتعين أن تتضح لنـا مقدمـا بعض الشروط الأساسيـة

(٣) غالبا ما يجابـه مؤرخو العلم هذا الإغفال والإخفاء على نحو يثير الدهشـة. إن مجموعة الدارسين الذين يأتـون إليهم بعد أن أتموا مرحلة تنشئتهم العلميـة غالبا ما يمثلون أكفأ الجماعـات الذين يدرسون على أيديهم. بيد أنهم أيضا هم في العادة أكثر الجماعات شعورا بالإحباط في البداية. إذ نظـرا لأن دارسي «العلوم» يعـرفون الإجـابة الصحيحـة فإن من العسير عليهم بـوجه خـاص أن نطالبهم بتحليل علم قديم في ضوء قواعده الخاصة.

لعضويـة الجماعة العلمية. فـرجل العلم لا بد أن يكون على سبيل المثـال معنيا بحل مشكـلات عن سلـوك الطبيعـة. علاوة على هـذا، فإنـه على الـرغم من أن اهتمامـه بالطبيعـة قد يكـون شاملا في نطـاقة إلا أن المشكلات التى يعـالجها لا بـد أن تكون مشكلات تتعلق بالتفاصيل والأهم من ذلك أن الحلـول التى ترضيه يمكن ألا تكون مجرد حلول مرضية له شخصيا، بل لابـد أن تكون مقبولة من كثيرين. والفريق الذي يشـارك في هذا الـرأى ليس فـريقا جـرى اختيـاره على نحو عشـوائي من المجتمع في عمومـه، بل يجب أن يكـون هو الجماعة التـي جرى تحديدهـا تحديدا جيـدا من بين العلماء المتخصصين الأكفاء القائمين بنفس النشاط العلمى. وإن من أقوى القواعد التى تقـوم عليها الحيـاة العلمية، وإن ظلت غير مسطـورة، هي حظر الاحتكـام إلى رؤوس الدولـة أو الكافـة فيما يختص بالموضوعـات العلمية. فـالتسليم بوجـود فريق مهنى قـدير على نحـو منفرد، والاعتراف بـدوره باعتبـاره الحكم الوحيـد فيما يختص بالإنجازات المهنية أمر له دلالات ونتائج أبعد من ذلك. فأعضاء الفريق، من حيث هم أفراد، وبفضل الـدربة والخبرة المشتركة بينهم، لا بد من النظر إليهـم باعتبارهم هم وحدهم أصحاب قواعد اللعبـة، الفاهمون لها، أو أنهم شركاء في معيار متكافىء من أجل إصـدار أحكام صريحة وواضحـة. وإن الشك في أنهم متفقون على معـايير مشتركة بينهم لعمليـات التقييم إنما يعنى السماح بوجـود معايير متضـاربة لـلإنجاز العلمى. ووضع كهذا من شأنه أن يثير بالقطع سؤالا عن وحدة الحقيقة في العلم.

هـذه القـائمـة الصغيرة للخصـائص المشتركـة بين المجتمعـات العلميـة إنما استخلصنـاها جملـة من ممـارسة العلم القيـاسى كما ينبغى لها أن تكـون. وهذا هـو النشاط الـذي يتدرب عليـه رجل العلم ويتشكل بمقتضاه. ولكن لنـلاحظ أنه على الرغم من إيجاز هـذه القائمـة إلا أنها كافية لفصل هـذا النوع من الجماعـات العلمية وتمييـزه عن جميع الفرق المهنيـة الأخرى. ولنـلاحظ علاوة على هـذا أن القائمـة وإن كانت نابعة من العلم القياسى، إلا أنها تفسر كثيرا من القسمات الخاصة بردود أفعال جماعة البحـث أثناء الثورات وبخـاصة عنـدما يحمى وطيس الجدال بشـأن النموذج الإرشادى. وسبق أن رأينـا أن أي فريق من هذا الطراز لا بـد أن يعتبر تغير النموذج

الإرشادى تقـدما . ونستطيع الآن التسليم بـأن هذا النهج في إدراك الأمور كـاف من نواح كثيرة هامة لإثبات صـدقه . إذ تعتبر جماعة البحث العلمى الأداة الفعالة الأمثل للـوصـــول إلى أقصى كم ، وأدق قـــدر من المشكـلات التى يتم حلهـــا بفضل تغير النموذج الإرشادى .

ونظرا لأن المشكلـة المحلولة هي وحدة قيـاس الإنجاز العلمى وتقدير مـا بلغه العلم من نجاح ، وحيث أن جماعـة البحث العلمى تعرف جيدا أي المشكـلات تم حلها ، لذا لن يتبقى غير عدد قليل من العلماء ممن يسهل حثهم وإقنـاعهم لتبني وجهة نظر تثير من جـديد الشك في عـدد من المشكـلات التي سبق حلها . ويتعين أن تفـرض الطبيعة أولا شعـور الثقة أو الأمن المهنى ، وذلك بأن تجعل الإنجازات السابقـة تبدو في صـورة إشكاليـة . ثم بعـد ذلك يبرز بـديل جـديد للنمـوذج الإرشـادى . ولكن الملاحظ أنــه حتى بعـد أن يحدث كـل هـذا ســوف يحجم العلماء عن استيعـابــه ويتحفظون إزاءه ما لم يقتنعـوا بتوفر شرطين لها أقصى قدر مـن الأهمية . أولا لا بد أن يبدو واضحـا أن بإمكان البـديل الجديد حل مشكلة هـامة لها الأولـوية ومعترف بها بعامة ، ولا سبيل إلى حلهـا بوسيلة أخرى . ثانيـا ، يجب أن يبشر النموذج الإرشادى الجديد بالحفـاظ على قدر كبير نسبيا من القدرة الموضـوعية على حل المشكلات التى تـراكمت على أيدى النماذج الإرشـاديـة السابقـة في مجال البحث العلمى المعنى . إن الجدة ليست أمنيـة مطلوبـة لذاتها في مجال العلـوم شأنها في مجالات إبـداعية أخـرى كثيرة . ونتيجـة لذلك فـإن النماذج الإرشاديـة الجديـدة ، حتى وإن كانـت نادرا مـا تملك ، أو لا تملك على الإطـلاق ، جميع قدرات النماذج الإرشـاديـة القديمـة إلا أنها تحتفظ عادة بكم ضخم من أكثر الجوانب موضوعية في إنجازات الماضي وتسمح دائما علاوة على هذا بالمزيد من الحلول الموضوعية المحددة للمشكلات .

وهذا لا يعنى ضمنا القول بأن القدرة على حل المشكلات هي الأساس المتفرد أو القـاعدة المطلقـة لاختيار النمـوذج الإرشادى . فقـد سبق أن أشرنا إلى أسبـاب كثيرة تنفى وجـود معيار كهـذا . ولكنـه يعنى أن أي فريق من العلماء المتخصصين سـوف يبذل أقصى جهـده في سبيل ضمان اطراد زيادة المعطيات التي يجمعهـا ويقدر على

معـالجتها بـدقة وتفصيل. وطبعي أن يتحمل المجتمع العلمى خـلال هذه العمليـة قدرا من الخسائر. إذ يتعين غالبا إسقاط بعـض المشكلات القديمة. علاوة على هذا فإن الثورة كثيرا ما تـؤدى إلى تضييق نطاق المهام المهنية التي تشغـل بال أبناء المجتمع العلمى، وتزيد من مـدى تخصصه، وتضعف من اتصاله بالجماعـات الأخرى سواء لعلماء متخصصين أم للعامـة من الناس. ولكن على الرغم من أن العلم يـزداد عمقا على وجه اليقين إلا أنـه قد لا يـزداد من حيث المسـاحة طـولا وعرضـا. وإذا حدث ذلك، فإن هذه المسـاحة الظاهـرية تتجلى أساسـا في تكاثر التخصصـات العلمية، وليس في نطاق أى تخصص واحـد بذاته. ولكن على الرغم من هـذه الخسائر وغيرها التى تمنى بها المجتمعات الخاصة، إلا أن طبيعـة هذه المجتمعات توفـر ضمانا واقعيا يتمثل في اطراد نمـو وزيادة كل من قـائمة المشكـلات التي حلها العلم ودقـة حلول المشكلات المتخصصة. وتهيىء طبيعـة المجتمع العلمى مثل هذا الضمان على الأقل مادامت هنـاك وسيلة ما، مهما كانت، لتـوفيره. ترى أي معيار آخـر أفضل من دقة الفريق العلمى؟

تشير الفقرتان الأخيرتان إلى الاتجاهات التي تدلنا فيها أعتقد على حل أكثر ملاءمة ودقة لمشكلة التقدم في العلوم. إذ ربما تـدلنا على أن التقدم العلمى ليس بالضبط ما كنا نتصوره. ولكنهـا تكشف لنا في الوقت نفسه عن أن نـوعا من التقدم سيسم حتما بخصائصة المشروع العلمى ما بقى هذا المشروع من حيث هـو كذلك قائما ولا حاجة لوجود تقـدم من نوع آخر في مجال العلوم. وحتـى نكون أكثر دقة فإننـا قد نضطر إلى التخلي عن الفكرة القـائلة، صراحـة أو ضمنا، إن تغيرات النموذج الإرشـادى تقود العلماء، هم ومن يتلقون العلم عنهم، في سبيل تقترب بهم أكثر فأكثر من الحقيقة.

بـات لزامـا الآن أن نشير إلى أن مصطلح «الحقيقة» لم نستعملـه في دراستنا هـذه وحتى الصفحات القليلة الماضية إلا ضمن اقتباس أخذناه عن فرنسيس بيكون. كما وأننا لم نستعمله حتى في هذه الصفحات إلا بـاعتباره مصدرا لاقتناع رجل العلم بأن القواعـد المتضاربة في ممـارسة العلم لا يمكن أن توجد معـا إلا أثناء الثورات عنـدما تصبح المهمة الأساسية لجماعة البحث المتخصصة هي إلغاؤها جميعا فيما عدا واحدة.

وأن العملية التطورية التي عرضتها هذه الدراسة كانت عملية تطور من البدايات الأولية - وهي عملية تتميز مراحلها المتعاقبة بفهم للطبيعة - يتزايد باطراد دقة وتفصيلا وشمولا. ولكن لا شيء البتة مما قيل أو سيقال يمكن أن يجعلها عملية تطور إلى أو نحو أي شيء. ولا بد أن هذه الثغرة قد أثارت قلقا كثيرا من القراء. ذلك لأننا ألفنا جميعا عادة ترسخت فينا تجعلنا نرى العلم باعتباره المشروع الوحيد الذي يدنو أكثر فأكثر باطراد صوب هدف ما حددته الطبيعة مقدما.

ولكن هل ثمة ضرورة لمثل هذا الهدف؟ ألا نستطيع أن نفسر كلا من وجود العلم ونجاحه في ضوء التطور ابتداء من حالة المعرفة عند جماعة بحث متخصصة في زمن بذاته؟ وهل من المفيد حقا تصور وجود مفهوم واحد كامل وموضوعي وصادق عن الطبيعة وأن المعيار الصحيح لقياس الإنجاز العلمى هو المدى الذي يقربنا أكثر فأكثر من ذلك الهدف النهائى؟ ترى هل إذاعرفنا كيف نبدل التطور ابتداء مما نعرفه فعلا بالتطور صوب ما ننشد معرفته، سوف تزول بعض المشكلات المثيرة والمحيرة خلال هذه العملية. لا بد وأن مشكلة الاستقراء تكمن في ناحية ما داخل تلك المتاهة.

لا أزال عاجزا عن أن أحدد، على أي نحو تفصيلى، نتائج هذه النظرة البديلة إلى التقدم العلمى — بيد أن المشكلة تتضح عندما يتبين لنا أن ما نوصى به من إبدال للمفاهيم أمر وثيق الصلة جدا بتحول آخر في المفاهيم شهده الغرب منذ قرن مضى. وهو أمر مفيد جدا نظرا لأن العقبة الأساسية التي تعيق التحول واحدة في كلتا الحالتين. فعندما نشر داروين لأول مرة نظريته عن التطور من خلال الانتخاب الطبيعى، وذلك عام ١٨٥٩، لم يكن أشد ما أثار ضيق كثيرين من العلماء المتخصصين هو فكرة تغير الأنواع، ولا فكرة احتمال تحدر الإنسان عن القردة العليا. إذ المعروف أن الشواهد الدالة على التطور، بما في ذلك تطور الإنسان، قد تراكمت على مدى عدة عقود، وكانت فكرة التطور واردة ومنتشرة على نطاق واسع قبل ذلك. وعلى الرغم من أن التطور، من حيث هو، واجه مقاومة، خاصة من جانب بعض الأوساط الدينية، إلا أنها لم تكن بأى حال من الأحوال أقسى الصعاب

التى جابهت الـدارونيين. لقد نشأت تلك المشكلـة عن فكرة قـريبة الشبـة جدا من فكرة داروين نفســه. ذلك أن جميع النظريات التطـورية الشائعـة قبل داروين ـ مثل نظريـات لامارك وشامبرز وسبنسر وفلاسفـة الطبيعة الألمان ـ رأت في التطـور عملية هادفـة تتجه نحـو هدف محدد. وكـان الاعتقاد السـائد أن «فكرة» الإنســان والحياة النباتيـة والحياة الحيوانية المعـاصرة كانت موجودة منـذ بدء الخليقة ولو في فكـر الله. ولقد حـددت هذه الفكـرة أو الخطة الاتجاه والقوة الموجهـة لكل العملية التطـورية، ومن ثم أضحت كل مرحلـة جديـدة من النمو التطورى هي تحقق أكثـر كمالا لخطة موجودة منذ البدء (٤).

لقـد بدأ في نظـر أكثر النـاس أن إلغاء هـذا النوع من التطـور الغائى هـو الشيء الأكثر خطرا والأقل استساغة في آراء داروين (٥). إذ المعروف أن كتاب أصل الأنواع لم يعترف بأى هدف سواء أكان هدفا حـدده الله أم حددته الطبيعة. وبدلا من ذلك بدأ الانتخـاب الطبيعى الـذي يعمل في البيئة القـائمة ومن خـلال الكائنـات الحية الواقعيـة هو المسئـول عن الظهور التـدريجي، ولكنه ظهـور مطرد وثابـت، لمزيد من الكائنات الحية الأكثر إحكاما وتبـاينا وتخصصا. بل إن أعضاء تطورت وبلغت حد الإعجاز في تكيفها، مثل عينى الإنســان ويديه ـ وهي أعضاء كـانت دقة تصميمها وأدائها سببـا في ظهور تفسيرات ميتـافيزيقية ـ إنما هي في رأي الكتاب نتـاج لعملية سارت في ثبات واطراد منذ البدايـات الأولية، ولكن لم تكن مسيرتها صوب هدف ما مرسوم مقدما. وطبعي أن الاعتقـاد بأن الانتخاب الطبيعى الناجم عن مجرد المنافسة بين الكائنـات الحية وصراعها من أجل البقـاء، هو الذي انتج الإنسان والحيـوانات الراقية والنبـاتات مثل هذا الاعتقاد كان هـو الجانب الأكثر قسوة وإزعاجـا في نظرية داروين. إذ ماذا عسى أن يعني «التطـور» و«النمو» و«التقدم» في حالـة غياب هدف

---

(٤) Loren Eiseley, “Darwin’s Century: Evolution and the Men Who Discovered” It (New York, 1958), chaps, ii, iv-v.

(٥) يجد القارىء عرضا لواحدة من أشد المعارك الدارونية حدة فيما يتعلق بهذه المشكلة في كتاب:
A. Hunter Dupree, Asa Gray, 1810-1888 (Cambridge, Mass., 1959), pp. 295 306-355-83.

محدد؟ ولقد بـدت هذه المصطلحات كلها فجأة في نظـر كثيرين وكأنها مصطلحات متناقضة مع نفسها .

وإن القياس التمثيلي الذي ينـاظر بين تطور الكائنات الحيـة وبين تطور الأفكار العلمية يمكن المضى به قدما ودفعه بسهولة إلى مدى بعيد للغاية . ولكنه يقارب حد الكمال فيما يختص بـالقضـايـا المثـارة في هــذا الفصل الختـامي . وإن العمليـة التى عرضناها في الفصل الثاني عشر باعتبارها عملية انحلال للثورات هي الانتخاب عن طريق الصراع داخل المجتمع العلمي لأصلح سبيل لممارسة علوم المستقبل . والنتيجة الخالصة لتسلسل عمليات الانتخاب الثوريـة هذه ، والتي تفصل بينها فترات يسود فيها البحـث القياسي ، هي جماع ما نملكـه من أدوات تثير الإعجاب بما حققتـه من ملاءمة ونسميهـا المعارف العلمية الحديثة . وتميزت المراحل المتعاقبـة في هذه العملية التطورية بزيادة التخصص والاحكام ودقة ووضوح التفاصيل . ولعل العملية كلها ، أسوة بما افترضناه الآن بشأن التطور البيولوجي ، لم تجر وفاء لهدف محدد ، أو سعيا من أجل حقيقـة علمية ثابتـة ، بها تكون كـل مرحلة مـن مراحل تطـور المعرفـة العلمية نموذجا أفضل .

أحسب أن كل من تتبع هذه الدراسة إلى الغاية التي انتهت إليها سوف يشعر على الرغم من ذلك بـالحاجة إلى أن يسأل : ولماذا تجرى العملية التطوريـة؟ على أي نحو يجب أن تكـون الطبيعـة ، بما في ذلك الإنسـان ، حتـى يصبح العلم أمـرا ممكنـا على الإطلاق؟ لماذا نقول حري بالمجتمعات العلمية أن تكون قادرة على الوصول إلى توافق راسخ في الآراء لا تبلغه المجالات الأخرى؟ ولماذا ينبغى أن يستمر توافق الآراء ويتصل عبر التغير من نمـــوذج إرشـــادى إلى آخـــر؟ ولماذا ينبغى أن يفضى تغير النمـــوذج الإرشادى دائما وأبـدا إلى أداة أكثر كمالا بأى معنى من المعاني تتجـاوز به كل الأدوات المعروفة قبـلا؟ لقد تمت الإجابة من وجهة نظر واحـدة على كل تلك الأسئلة فيما عدا السؤال الأول . ولكنهـا حسب وجهة نظر أخـرى لا تزال تنتظر الجواب على نحـو ما كانت في بداية دراستنا هـذه . إن المجتمع العلمى ليس وحده فقط الذى يتعين عليه أن يكون خاصا متميزا . وإنما العالم كله الذي يشكل المجتمع العلمى جزءا منه يجب

أن تتوفر لـه هو الآخر سمات خاصـة ومميزة تماما ، ونحن لم نقترب بعـد خطوة واحدة أكثر ممـا كنا في البدايـة في سبيل معرفة مـاذا يجب أن تكون هذه الخصـائص . بيد أن هذه المشكلـة ـ على أي نحـو يجب أن يكون العـالم حولنـا حتى يتسنى لـلإنسان أن يعرفه؟ ـــ لم تبتكرها هذه الـدراسة . بل على العكس ، إنها مشكلة قديمـة قدم العالم ذاته ، ولا تزال بغير إجابة . ولكن ليست هنـاك ضرورة تحتم الإجابة عليها هنا في هذا المكان . فـإن أي تصور للطبيعة يتسـق مع الفكرة القائلـة إن العلم ينمو مـن خلال تأسيسه على البراهين إنما يتسق أيضا مع النظـرة التطورية للعلم التي عرضنـاها هنا . وحيث أن هذه النظرة متسقـة أيضا مع المشاهدة الدقيقة للحيـاة العلمية ، فإن هناك من الحجج القوية ما يدعم استخدامها في محاولات لحل هذا الكم الكبير المتراكم من المشكلات بغير حل .



حاشية ـ ١٩٦٩ والنماذج الإرشادية

مضى الآن ما يقرب من سبعة أعوام كاملة منذ صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب[١]. وفي غضون هذه الفترة أصبحت أكثر فهما واستيعابا لعدد من القضايا التي يثيرها الكتاب وذلك بفضل ردود النقاد وبذل المزيد من الجهد من جانبى. وإن نظرتي فيما يختص بالأساسيات لا تزال كما هي لم تتغير تقريبا. بيد أنني أعترف الآن بأن طريقتي في عرضها انطوت على جوانب أثارت العديد من المشكلات وسوء الفهم دون مسوغ. ونظرا لأن بعض جوانب سوء الفهم ترجع لي أنا، لذا فإن التخلص منها وإسقاطها يمكننى من أن أقف على أرض صلبة تشكل في نهاية المطاف أساسا لصياغة جديدة للكتاب[٢]. وإلى أن يتم ذلك فإننى أرحب بالفرصة التي أتاحت لي وضع التخطيط العام اللازم للتنقيحات الجديدة، والتعليق على بعض الانتقادات التي تواترت، والإشارة إلى الاتجاهات التي يتطور خلالها فكرى الآن[٣].

(١) أعددت هذه الحاشية أول الأمر بناء على اقتراح ممن كان أحد طلبتى يوما ما وأضحى صديق العمر الدكتور شيجيرو ناكاياما بجامعة طوكيو، وذلك رغبة منه في إضافتها إلى ترجمته اليابانية لهذا الكتاب. وأنا مدين له بالفكرة، وشاكر له صبره فى الانتظار لحين إنجازها، وإذنه لى بأن أضمن حصاد هذا العمل في الطبعة الإنجليزية.

(٢) لم أحاول في هذه الطبعة أن أعيد صياغة الكتاب على نحو نسقي، وقصرت التغيير على بعض الأخطاء المطبعية القليلة، بالإضافة إلى فقرتين تضمنتا أغلاطا يمكن تبيانها، وإحدى هاتين الفقرتين تعرض وصفا لدور كتاب نيوتن «الأسس» في تطور ميكانيكا القرن الثامن عشر، وتتعلق الثانية بالاستجابة للأزمات.

(٣) يجد القارىء مؤشرات أخرى في مقالتين لى صدرتا مؤخرا:

"Reflection on My Critics," in Imre Lakatos and Alan Musgrave (eds.), Criticism and the Growth of Knowledge (Cambridge, 1970); and "Second Thoughts on Paradigms," in Frederick Suppe (ed.), The Structure of Scientific Theories (Urbana, Ill., 1970 or 1971).

وكلتا المقالتين تحت الطبع الآن. وسوف أذكر الأولى فيما بعد تحت عنوان في «التأملات» والمجلد الذي تصدر فيه بعنوان «نمو المعرفة»، وسوف أشير إلى الثانية بعبارة «أفكار ثانية».

إن العديد من المشكلات الكبرى التي انطوى عليها النص الأصلى لكتابى تتركز حول مفهوم النموذج الإرشادى، ومنها تبدأ مناقشتى لها(٤). ويلاحظ القارىء في الفصل الفرعى التالي، ويحمل رقم ١، أننى أشير إلى الرغبة في فصل هذا المفهوم عن فكرة المجتمع العلمى، وأوضح كيف يمكن أن يحدث هذا. وأناقش بعض النتائج الهامة لعملية الفصل التحليلي الناجمة عن ذلك. وأتناول بعد ذلك بالدراسة ما يحدث عند التماس النماذج الإرشادية عن طريق فحص سلوك أعضاء مجتمع علمى محدد البنية مقدما. وسرعان ما تكشف هذه العملية عن أن مصطلح «نموذج إرشادى» استخدم في الجزء الأعظم من الكتاب بمعنيين مختلفين. فهو من ناحية يعبر عن جماع المعتقدات والقيم المتعارف عليها والتقنيات المشتركة بين أعضاء مجتمع بذاته. ويشير من ناحية أخرى إلى عنصر منفصل في هذا المركب الجامع وأعنى به الحلول الواقعية للألغاز، التي إذا ما استخدمت كنماذج أو أمثلة يمكن أن تحل محل القواعد الصريحة كأساس لحل الألغاز المتبقية في نطاق العلم القياسى. والمعنى الأول للمصطلح، ولنسمه المعنى السوسيولوجي، هو موضوع الفصل الفرعى ٢ فيما يلي. وقد خصصت الفصل الفرعي ٣ للنماذج الإرشادية باعتبارها أمثلة لإنجازات الماضى.

ويمكن القول من الناحية الفلسفية على أقل تقدير، إن المعنى الثانى لمصطلح «نموذج إرشادى» هو المعنى الأعمق فيما يختص بالمعنيين المشار إليهما، وإن ما سقته من آراء في ضوئه بين ثنايا الكتاب هي أساسا علة ما ثار من جدال وسوء فهم، خاصة ما يتعلق باتهامي بأننى أحول العلم إلى مشروع شخصي ولا عقلاني. وقد عرضت لهذه القضايا في الفصلين الفرعين ٤ و٥. ويؤكد الفصل الأول بأن مصطلحات مثل «شخصي» و«حدسىْ» لا يمكن تطبيقها على نحو ملائم وصحيح على مكونات المعرفة التي عرضتها باعتبارها قائمة ضمنا في الأمثلة المشتركة بين أبناء

(٤) للاطلاع على نقد يتسم بقوة متميزة للعرض الذى قدمته بداية عن النماذج الإرشادية انظر:
Margaret Masterman, "The Nature of a Paradigm," in Growth of Knowledge; and Dudley Shapere, "The Structure of Scientific Revolutions," Philosophical Review, LXXIII (1964), 383-94.

الفريق. وعلى الرغم من أن مثل هذه المعرفة لا يمكن إعادة صياغتها في صورة قواعد ومعـايير دون حدوث تغييرات جـوهـرية، إلا أنها مع ذلك معـرفـة نسقية صمـدت لاحتبـارات الـزمن، فضلا عن أنها قـابلـة للتصـويب بمعنى من المعـانى. ويطبق الفصل الفرعى [٥] هذه الحجة على مشكلة الاختيار بين نظريتين متضاربتين، مؤكدا في محصلـة موجـزة أن الناس أصحـاب وجهات النظـر اللاقيـاسية يمكن تصـورهم وكأنهم أعضاء في مجتمعـات لغوية متبـاينة، وأن مشكلات الاتصـال الفكري بينهم يمكن دراستها تحليليا باعتبارها مشكلات ترجمة. وناقشنا ثلاث قضايا أخرى متبقية في الفصلين الفـرعيين الختاميين (٦ , ٧). يـرد أولهما على الاتهام بأن النظـرة إلى العلم المعروضة في هـذا الكتاب هي نظرة نسبية من أولها إلى آخرها. ويبـدأ الثانى بالبحث فيما إذا كـانت حجتى تعـاني حقـا، كما قيل، من خلـط بين الأسلـوب الـوصفى والأسلـوب المعيارى، وينتهى بعـدد من الملاحظات الموجـزة بشأن موضـوع يستحق دراسة منفصلـة: وهو المدى الذي يمكن عنـده أن نطبق بصورة صحيحـة ومشروعة الفرضيات العلمية الأساسية في هذا الكتاب على مجالات بحث أخرى غير العلم.

١ ـ النماذج الإرشادية وبنية المجتمع العلمي:

جرى استخـدام مصطلح «النموذج الإرشادى» مبكـرا مع الصفحات الأولى من هذا الكتاب وكـانت طريقة استخدامـه تتصف الدورانية: فالنمـوذج الإرشادى هو قاسم مشترك بين أعضاء جماعة علمية، والعكس بالعكس، فالجماعة العلمية تتألف من رجـال يشتركـون معـا في نمـوذج إرشـادى واحـد. وإذا لم تكن كل حـالـة من

(٥) W. O. Hagstrom, "The Scientific Community" (New York, 1965), Chaps. iv and v; D. J. Price and D. de B. Beaver, "Collaboration in an Invisible College," American Psychologist, XXI (1966), 1011-18; Diana Crane, "Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the 'Invisible College' Hypothesis," American Sociological Review, XXXIV (1969), 335-52; N. C. Mullins, Social Networks among Biological Scientists, (Ph.D. diss., Harvard University, 1966), and "The Micro-Structure of an invisible College: The Phage Group"
(بحث قدم في الاجتماع السنوي للرابطة الأمريكية لعلم الإجتماع ـ بوسطون، ١٩٦٨)

حالات الدوران شيئا سيئا (وسوف أدافع عن حجة لها هذا المبنى في ختام هذه الحاشية) إلا أن هذا الدوران كان سببا في نشوء مصاعب حقيقية. إن المجتمعات العلمية يمكن، ويجب، فرزها دون اللجوء مسبقا إلى النماذج الإرشادية. ويمكن اكتشاف هذه النماذج الإرشادية بعد ذلك من خلال الفحص المدقق لسلوك أعضاء مجتمع بذاته. ولو قدر لى أن أعيد كتابة هذا الكتاب فسوف أستهله بدراسة عن بنية مجتمع العلم، وهو موضوع أصبح مؤخرا مادة هامة ذات شأن كبير بين مشكلات البحث السوسيولوجى، كما شرع مؤرخو العلم بدورهم في الاهتمام به على نحو جاد. وتفيد النتائج الأولية لهذه الدراسات، التى لم ينشر الجزء الأكبر منها بعد، أن هذا البحث يستلزم توفر تقنيات متطورة للغاية وإذا كان بعضها ميسورا فإن البعض الآخر سيجرى استحداثه على وجه القطع واليقين ٥. وإن غالبية ممارسي العلم يجيبون في آن واحد على التساؤلات بشأن انتسابهم إلى جماعاتهم العلمية، آخذين مأخذ التسليم إن المسئولية بشأن التخصصات الراهنة المختلفة جرى توزيعها بين جماعات تحددت عضويتها بصورة تقريبية على أقل تقدير. لذلك سأفترض هنا أننا سوف نهتدى إلى وسائل أكثر منهجية لتحديدهم. وبدلا من أن أعرض النتائج الأولية لهذه البحوث أوثر أن أحدد بإيجاز المفهوم الحدسى لكلمة الجماعة، والذي يشكل الأساس لغالبية الفصول السابقة في هذا الكتاب. لقد شاع هذا المفهوم الآن على نطاق واسع بين علماء الطبيعة وعلماء الاجتماع وبين عدد من مؤرخى العلم.

وحسب وجهة النظر هذه فإن أي مجتمع علمي يتألف من الممارسين لتخصص علمى محدد. ويكونون قد مروا بمرحلة متماثلة من حيث التعليم والتنشئة المهنية، وهي مرحلة لا نظير لها إلى حد ما في أكثر مجالات البحث الأخرى. ويستوعبون خلال هذه العملية ذات الأدب التقنى، ويفيدون منها نفس الدروس. ومن المعتاد أن تشكل حدود هذا الأدب المهنى المعيارى معالم مادة الموضوع العلمى، ونطاق بحثه، ويصبح لكل مجتمع علمى في العادة مادة دراسية خاصة به. وهناك مدارس في مجالات العلم ومجتمعاته، بمعنى أنها تتناول ذات الموضوع من وجهات نظر متعارضة. بيد أنها هنا ظاهرة شديدة الندرة على عكس ما نلمسه في مجالات البحث

الأخرى، وهي دائما في حالـة تنافس، وعادة ما تحسم المنافسـة بينها وتنتهى سريعا. ونتيجة لـذلك يرى أعضـاء أي مجتمع علمى أنفسهم، كما يراهم غيرهـم، في صورة رجال مسـؤولين وحدهم وعلى نحو فـريد عن متابعـة مجموعة من الأهـداف المشتركة بينهم بما في ذلك تدريب من يخلفونهم. والاتصال الفكرى بين هذه الجماعات يكون تاما وكاملا نسبيا، كما تكـون أحكامهم بشأن المشروع المهنى أحكاما إجماعية نسبيا. ولكن من ناحية أخرى فنظرا لأن انتباه المجتمعات العلمية المختلفة يكون منصبا على موضوعات مختلفـة، لذا فإن الاتصال المهنى بين جماعة وأخرى يكون أحيـانا شاقا، وغالبا ما يـؤدى إلى سوء تفاهم بل وربما، إذا ما استمر طـويلا، يثير شقاقا خطيرا لم يكن متوقعا من قبل.

وطبعى أن توجـد مجتمعات من هذا الطـراز على مستويات عديـدة. وأكبر هذه المجتمعـات نطاقـا هو المجتمع الـذى يضم جميع المشتغلين بعلـوم الطبيعة. وعنـد المستـوى الأدنى من ذلك مباشرة نجد مجالات البحث العلمى الـرئيسيـة التى تضم مجتمعـات: علماء الفيزيـاء وعلماء الكيمياء وعلماء الفلـك وعلماء الحيوان ومـا شابـه ذلك. وعضوية هذه الجماعات الأساسية محدودة ومقررة بوضوح سوى ما يتعلق منها بحالات محدودة هامشية. ومن المعايير التى تعتبر معايير كـافية لتحديد العضوية ما يختص منهـا بالحصـول على أعلى درجة علميـة في مجال البحث، وعضـوية إحـدى الجمعيات المهنية المتخصصة والاطلاع الـواسع على بعض الدوريات العلمية. وثمة تقنيات مماثلة تتيـح لنا تبيان وتمييز الجماعات الفرعية الأسـاسية: مثل علماء الكيمياء العضـوية (وربما يضمـون فيما بينهم أيضـا علماء كيمياء البروتينـات) وعلماء فيزيـاء الجوامـد، وعلماء فيزيـاء الطـاقة العـاليـة، وعلماء الفلك الإشعاعى وغيرهم وتبـدأ المشكلات التجريبية في الظهور فقط عنـد المستوى الأدنى التالي. ولكى نضرب مثالا عصريـا على ذلك نسأل كيف كـان يتسنى فـرز وبيان جماعـة العلماء المتخصصين في البلعم ١ قبل أن تعلن عن نفسها على الملأ؟ لـلإجابة على سؤال من هـذا النوع يتعين على المرء أن يلجأ إلى المؤتمرات المتخصصة وتعميم المخطوطات أو مسودات الأبحاث الـدراسيـة والمقـالات قبل نشرهـا، ويحرص قبل كل شيء على الاتصـال بشبكـات

الاتصال المختصة، الرسمية منها وغير الرسمية، بما في ذلك تلك التي يتم اكتشافها بالمراسلة أو من خلال الاستشهادات الصادرة عن مراكز مرجعية (٦). وإنني على يقين من أن هذا العمل يمكن أن يتم، بل وسوف يتم، إنجازه، على الأقل خلال والمراحل الراهنة وللمراحل التاريخية الوشيكة. وسوف تساعد هذه الإجراءات على تحديد معالم جماعات ربما تضم مائة عضو، وأحيانا أقل من ذلك كثيرا. ومن المألوف أن ينتمى بعض العلماء الأفراد خاصة الأكثر تميزا أو أرفع مكانة، إلى عديد من هذه الجماعات، سواء جاء انتماؤهم إليها في آن واحد أم على فترات متعاقبة.

وتمثل الجماعات التي من هذا الطراز الوحدات التي تنتج وتصحح المعارف العلمية على نحو ما بينا في هذا الكتاب. والنماذج الإرشادية هي القاسم المشترك بين أعضاء هذه الجماعات. وإن العديد من جوانب العلم التي عرضتها الصفحات السابقة لا سبيل إلى فهمها، إلا في النادر، دون الإشارة إلى طبيعة هذه العناصر المشتركة بين أعضاء الجماعة. غير أن بالإمكان فهم بعض الجوانب الأخرى على الرغم من أننى لم أعرضها على نحو مستقل في النص الأصلي من الكتاب. والجدير بالذكر قبل التحول مباشرة إلى موضوع النماذج الإرشادية، أن نشير إلى سلسلة من القضايا موضوع الخلاف التى تستلزم الرجوع إلى بنية الجماعة وحدها فحسب.

ولعل أكثر الأمور إثار للانتباه في هذا كله ما سبق أن وصفته بالانتقال من مرحلة ما قبل إلى مرحلة ما بعد النموذج الإرشادى في مسار تطور مجال البحث العلمى. وهذا التطور هو ما عرضت ملامحه العامة سابقا في الفصل الثاني. فقبل أن يتم الانتقال يتنازع عدد من المدارس في سبيل الهيمنة على مجال بذاته وبعد ذلك، وعلى أثر تحقق إنجاز علمى مرموق، ينخفض عدد المدارس انخفاضا ملحوظا، حتى ليصل عادة إلى مدرسة واحدة. ويبدأ في الظهور نموذج للممارسة العلمية أكثر

(٦) Eugene Garfield, "The Use of Citation Data in Writing the History of Science" (Philadelphia: Institute of Scientific Information, 1964); M. M. Kessler, "Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing," American Documentation, XVI (1965), 223-33; D. J. Price, "Networks of Scientific Papers," Science, CIL (1965), 510-15.

فعـالية . ويبـدو هـذا النموذج بـوجـه عام شـديـد التخصص، ومتجها نحـو حل الألغـاز، حيث أن نشاط الجماعـة العلمية لا يـأخذ سبيلـه المعتاد إلا بعـد أن يسلم أعضاء هذه الجماعة بأسس مجال بحثهم العلمى، ويعتبرونها أمرا يقينيا .

وإن طبيعة ذلك الانتقـال نحو النضج مـوضوع جـدير بدراسـة تفصيلية كـاملة أكثـر مما تم في هـذا الكتـاب، خـاصـة مـن جـانب أولئك المعنيين بتطـور العلـوم الاجتماعية المعاصرة. ووصولا إلى هذا الهدف، فقـد يكون من المفيد بيان أن الانتقال ليس بحـاجـة (وأحسب الآن أنـه ينبغى ألا يكـون بحاجـة) إلى أن يقترن بـالضرورة بعملية التحديد الأولى لأحد النماذج الإرشادية. فالمعروف أن أعضاء جميع الجماعات العلمية، بما في ذلك مـدارس مرحلـة «ما قبل النمـوذج الإرشادى» يشتركـون معا في الإيمان بأنواع العنـاصر التى اخترت لها اسما جامعـا هو «نمـوذج إرشادى». والشيء الذي يتغير عنـد انتقال الجماعة إلى حـالة النضج ليس وجود النمـوذج الإرشادى بل بـالأحرى طبيعتـه. وها هنـا فقط يصبح ممكنـا النشاط البحثى العـادى المماثل لحل الألغـاز. لذلك فإن الكثير من السمات المميـزة للعلم المتطـور والتى سبق أن قرنتهـا بتحديـد أحد النماذج الإرشـادية سـوف أتناولها باعتبـارها نتـائج لعملية تحديـد نوع النمـوذج الإرشادى الـذى يتيح إمكـانيـة تحديد الألغـاز المثيرة للتحـدى، ويزودنـا بمفاتيح حلهـا، ويضمن نجاح الباحـث الممارس الأكثر جديـة وذكاء. وإن أولئك الباحثين الذين تواتيهم الشجاعـة ويدركون أن مجال بحثهم المتخصص أو مدرستهم لها نماذج إرشادية خاصة بها وتقوم عليها إنما يشعرون على الأرجح بأن التحول أدى إلى التضحية بشيء جليل الشأن .

وثمة قضيـة أخرى مثار خـلاف، وهي أهم على الأقل في نظر المؤرخين، نتجت عن المطابقة الضمنيـة على أساس علاقة واحد إلى واحد التى أثبتهـا هذا الكتاب بين الجماعات العلمية وبين موضوعات الـدراسة العلمية. والمقصود بذلك أننى عمدت مـرارا وتكرارا إلى التصرف وكأن «فيـزياء البصريـات» أو«الكهربـاء» أو «الحرارة» على سبيل المثـال هي التي تحدد سمات الجماعـات العلميـة نظرا لأن هـذه المصطلحـات تصف موضوعات البحث. ويبدو أن التفسير الممكـن الوحيد الذى يسمح به نص

كتابي هذا هو أن جميع هذه المواد تنتمي إلى جماعة الفيزياء . غير أن مطابقات من هذا النـوع لن تصمد في العـادة للاختبـار كما أكد لي مـرارا زملائي من البـاحثين في مجال التاريخ . مثال ذلك أنه لم تكن هناك جماعـة فيزياء قبل منتصف القرن التاسع عشر، وأنها تشكلت آنــذاك نتيجـة اتحاد بين أجـزاء لجماعتين كـانتـا في الســابق جماعتين منفصلتين وهما الرياضيات والفلسفة الطبيعية (أو الفيزياء التجريبية) . وأن ما نعتبره اليوم موضوعا دراسيا لجماعة واحـدة واسعة كان موزعا على نحو مختلف بين جماعات متباينة في الماضى . وهنـاك موضوعات بحث أخرى أضيق نطاقـا مثل الحرارة ونظرية المادة ظلت موجودة أحقـابا طويلة دون أن تتحـول إلى مجال بحث خاص لأي جماعة علميـة منفردة . بيـد أن كلا من العلم القيـاسى والثـورات هي جميعها أنشطـة رهن بوجود هذه الجماعات . ولكي يتسنى للمرء أن يكتشفها ويحللها لابد له أن يتبين أولا البنية المتغيرة للجماعـات العلمية على مدى الـزمان . فكل نمـوذج إرشادى ينظم في المحل الأول طـائفة من العلماء البـاحثين وليس مـوضوع الـدراسة العلميـة . وأن أي دراسة لبحث ملتزم بتوجيه النمـوذج الإرشادى أو لبحث يعمل على تقويض نموذج إرشادى لا بد أن تبدأ أولا بتحديد وضع ومكان الجماعة أو الجماعات المسئولة .

وإذا تناولنا تحليل التطور العلمى على هذا النحو فإن العديد من المشكلات التي انصب عليها النقـد سوف تـزول على الأرجح . فلقد استخـدم عدد من المعلقين على سبيل المثال نظـرية المادة لبيان أنني أغالي بصورة متطـرفة في إجماع العلماء على ولائهم للنموذج الإرشـادى . ويؤكـدون أن تلك النظريـات كانت وحتـى عهد قريـب جدا موضوع خـلاف متصل وجدال مستمر . وأنا أتفق مع هـذا العرض، غير أننى لا أراه حجـة ضـدى . فنظـريـات المادة لم تكن، وحتى عـام ١٩٢٠ على الأقل، المجـال الخاص أو مـوضوع الـدراسة الخاص لأي جماعـة علمية بـذاتها . بل كانت بـدلا من ذلك أدوات لعدد كبير من جماعـات الاخصائيين العلميين . ويعمـد أحيانـا أعضاء الجماعـات المختلفة إلى اختيـار أدوات متباينـة وينتقدون اختيـار غيرهم . والأهم من ذلك أن نظرية عن المادة ليست من نوع الموضـوع الذي يتعين أن يتفق بشأنه الأعضاء حتى ولو كانوا أعضاء جماعة منفردة . إن الحاجة إلى الاتفاق أو ضرورته رهن بما تفعله

الجماعـة. وخير مثـال على ذلك علم الكيميـاء في النصف الأول من القـرن التـاسع عشر. إذ على الـرغم من أن العديـد من الأدوات الأسـاسية التي تستخـدمها جماعـة البحث ـ النسب الثابتة والنسبة المتضاعفة والأوزان المكافئة ـ أضحت ملكية مشتركة بين البـاحثين نتيجـة لنظريـة دالتـون الـذرية، إلا أنـه كـان من الممكن تمامـا لعلماء الكيميـاء بعد هـذا الاكتشاف أن يـؤسسـوا عملهم على هذه الأدوات وأن يختلفـوا، اختلافا حامي الوطيس أحيانا، بشأن وجود الذرات.

وفي اعتقادي أن بعض المشكـلات ومظاهـر سوء الفهم الأخـرى يمكن حسمها بنفس الطريقـة. إذ حدث أن استخلص عـدد قليل ممن قرأوا هـذا الكتاب أن همى الأول أو الـوحيـد هو الثـورات الكبرى في مجال العلم على نحـو تلك الثـورات التي اقترنت بأسماء كوبـرنيكوس أو نيوتن أو داروين أو أينشتين. ويرجع ذلك من نـاحية إلى الأمثلـة التي اخترتها، كما يرجع من نـاحيـة أخرى إلى غمـوض عباراتي في تحديـد طبيعة وحجم الجماعات المعنيـة. غير أن تحديد معالم بنية جماعـة البحث بصورة أكثر وضوحـا ربما يساعد على غلبـة الانطباع الآخر الـذى أردت أن أبرزه. فالثـورة عندى نوع خـاص من التغير ينطوى على نـوع معين من التجديـد أو إعادة تنظيم التـزامات جماعة البحث. ولكن ليس من الضرورى أن تكون تغيرا هائلا، ولا من الضروري أن تبدو حدثـا ثوريا في أعين الغرباء عن جماعـة البحث، التي ربما تتألف من عدد يقل عن خمسة وعشرين شخصا. إذ نظرا لأن هذا الطـراز من التغير، الذي نادرا ما تسلم به فلسفـة العلم وتضعه مـوضع الدراسـة، يقع بانتظـام على هذا المستـوى المحدود الضيق، لـذا بـات التغير الثـورى، مقابـل التغير التراكمي، بحاجـة مـاسـة إلى أن نفهمه.

وثمة تغيير آخـر وأخير يرتبـط ارتباطا وثيقـا بالسـابق، وقد يسهـم في تيسير هذا الفهم. فقد ارتـاب عدد من النقاد فيما إذا كانت الأزمـة، بمعنى الوعي المشترك بأن هناك خطأ ما، تسبق الثورة دائما وأبدا كما يفيد ضمنا النص الأصلى للكتاب. غير أن ما سقتـه من حجج لا يتضمن أي شيء هام يتـوقف على كون الأزمات شرطـا مطلقا سابقا على حـدوث الثورات. إذ يكفي أن تكون هي المقدمة العـادية التى تهىء آلية

للتصحيح الـذاتي تكفل ألا يطـرد جمود العلـم القيـاسى ويمضى إلى الأبـد دون أي تحديـات. ومن الممكن أيضا أن تحدث الثـورات بصـورة أخرى، وإن كـان ذلك في اعتقادى أمرا نادرا. عـلاوة على هذا أود أن أؤكد هنا ما تسبب فيـه قصور دراسة بنية الجماعة العلميـة من غموض: إن الأزمات لا تتـولد لزامـا بسبب أعمال الجماعة التي تعاني منها، والتي تجتـاز ثورة نتيجة لذلك. إذ أن أجهزة جديـدة مثل الميكروسكوب الالكتروني أو قـوانين جديـدة مثل قوانين مـاكسـويل قد تستحـدث في مجال بحث متخصص ويؤدى إستيعابها إلى نشوء أزمة في مجال بحث آخر.

٢ ـ النماذج الإرشادية باعتبارهامجموعة مؤلفة من التزامات جماعة البحث

ننتقل الآن إلى النماذج الإرشادية ونسـأل ماذا عساها أن تكون؟ هـذه هي المسألة الأكثـر غموضـا والأهم شأنا في كتـابي الأصلى. وهـا هو ذا قـارىء يناصرنى الـرأي ويشـاركنى الاعتقـاد بأن مصطلـح «النمـوذج الإرشـادى» يمثل العنصر الفلسفي المركـزي في الكتاب، وقـد أعد ثبتـا تحليليا جـزئيا، وانتهى إلى أننى استخـدمت لك المصطلح في اثنين وعشرين استعمالا مختلفا على أقل تقدير [(٧)]. واعتقد الآن أن أكثر هذه الاختلافات مرجعها إلى تضارب في الأسلوب (مثال ذلك قوانين نيوتن فهي حينا نموذج إرشادى وحينا آخر أجزاء من نموذج إرشادى، وحينا ثالثا منسوبة إلى نموذج إرشـادى)، وأن بـالإمكـان التخلى عنهـا بسهـولـة نسبيـة، ولكن يتبقى بعـد ذلك استعمالان للمصطلح مختلفـان تمام الاختـلاف، ويلـزم التمييـز بينهما. ويمثل الاستعمال الأول الأكثر عمومية وشمولا مـوضوع هذا الفصل الفرعي، أما الاستعمال الثانى فسوف نبحثه في الفصل الفرعي التالى.

بعد أن فرزنا جماعة بذاتها من الباحثين المتخصصين بناء على تقنيات مماثلة لتلك التي عرضنا لها تـوا، قد يكون من المفيد للمرء أن يسأل: مـا هو القاسم المشترك بين أعضـاء جماعـة البحث هـذه، بحيث يفسر الكمال النسبي لـلاتصـالات بينهم على المستوى المهنى، والإجماع النسبى في أحكامهم المهنية؟ يجيـز الكتاب الأصلى الإجابة

(٧) ماسترمان، نفس المرجع.

على هذا السؤال بقولنا: النموذج الإرشادى أو مجموعة النماذج الإرشادية. ولكن المصطلح لا يلائم هذا الاستعمال، على عكس الاستعمال الذي سنعرض له فيما بعد. وقد يقول العلماء أنفسهم أنهم يشتركون معا في نظرية أو في مجموعة من النظريات. وكم أكون مسرورا لو استخدمنا المصطلح بهذا المعنى في نهاية الأمر. بيد أن مصطلح «نظرية» كما يجرى استخدامه الآن في مجال فلسفة العلم يدل على بنية أضيق من حيث الطبيعة والنطاق من البنية التى نعنيها هنا. وإلى أن يتم تحرير المصطلح من مدلولاته الراهنة سنلتزم بمصطلح آخر تحاشيا لأي خلط. وأقترح الآن استخدام مصطلح «قالب مبحثى Disciplinary Matrix» وهو «مبحثى» لأنه يشير إلى أن الباحثين الأخصائيين يربطهم معا مبحث معرفي ودراسي محدد، و«قالب» لأنه يتألف من عناصر منتظمة ومختلفة الأنواع، كل منها يستلزم دراسة تفصيلية متخصصة. ومن ثم فإن كل، عناصر التزام جماعة البحث، التي يدرجها كتابي الأصلى تحت اسم نماذج إرشادية أو أجزاء من نماذج إرشادية، أو ينسبها إلى نماذج إرشادية أو الغالبية العظمى منهم، إنما هي مكونات هذا «القالب المبحثى»، وهي بحكم كونها كذلك فإنها تشكل كلا واحدا وتعمل معا في وحدة واحدة. ومع ذلك لا محل لدراستها بعد الآن وكأنها قطعة واحدة. ولن أحاول الآن تقديم قائمة شاملة بل سأكتفي بالإشارة إلى العناصر الرئيسية من مكونات القالب المبحثى اعتقادا منى بأنها ستوضح طبيعة نهجي الراهن في معالجة الموضوع، وتمهد السبيل في الوقت ذاته للموضوع الرئيسي التالي.

سوف أطلق عبارة «التعميمات الرمزية» على نوع هام من هذه المكونات الأساسية، وأعنى بذلك تلك التعبيرات التي يستخدمها أعضاء جماعة البحث دون ارتياب أو اختلاف بشأنها، والتي يمكن وضعها بسهولة في صيغة منطقية مثل (X) (Y) (Z)Ø (X Y Z) فهذه هي المكونات التي يسهل صياغتها للقالب المبحثى، ونجدها أحيانا في صيغة رمزية جاهزة ق = ك حـ أو ت = ف/ م وهناك غيرها نعبر عنها عادة بالكلمات بدلا من الرموز: «تتحد العناصر وفقا لنسب ثابتة في الوزن» أو «الفعل مساو لرد الفعل». وإذا لم تتوفر عبارات متفق عليها بعامة مثل هذه فسوف

ينتفى أى موضوع يمكن أن يتخذه أعضاء جماعة البحث كنقطة انطلاق لإمكاناتهم التقنية في المعالجة المنطقية والرياضية لجهودهم في سبيل حل الألغاز. وعلى الرغم من أن مثال علم التصنيف يفيد بأن العلم القياسى يمكنه أن يبدأ بعدد قليل من مثل هذه التعبيرات، إلا أن قوة أي علم تتزايد بعامة فيما يبدو بتزايد عدد التعميمات الرمزية المتاحة للأخصائيين الممارسين لهذا العلم.

وتشبه هذه المبادىء العامة قوانين الطبيعة، غير أن وظيفتها لأعضاء الجماعة لا تقتصر على هذا فحسب. فقد تكون أحيانا على هذه الصورة: مثال ذلك قانون جولى ـ لنتس ح = ت م٢، إذ عندما اكتشف هذا القانون كان أعضاء جماعة البحث يعرفون مسبقا دلالة كل من هذه الرموز: ح، ت، م، وكل ما فعلته هذه المبادىء العامة هو أن قالت لهم شيئا عن سلوك الحرارة والتيار والمقاومة مما لم يكونوا يعرفونه من قبل. ولكن التعميمات الرمزية غالبا ما تقوم بوظيفة أخرى كما أفادت بذلك دراستنا السابقة في الكتاب، وهى وظيفة يمايزها عادة تمايزا كاملا وتاما فلاسفة العلم في دراساتهم التحليلية. مثال ذلك ق = ك حـ (حيث ق = القوة، ك = الكتلة، حـ = العجلة ـ المترجم) أو ت = ف م (حيث ت = التيار أو شدة التيار، ف = الفولت، م = المقاومة ـ المترجم)، فهذان المبدأن العامان يعملان من ناحية باعتبارهما قانونين ولكنهما يعملان أيضا من ناحية أخرى باعتبارهما تعريفين لبعض الرموز وهي الرموز المستخدمة فيهما. زد على ذلك أن العلاقة بين دورهما كقانون ودورهما كتعريف (وهما دوران لا ينفصلان عن بعضهما أبدا) هي علاقة تتغير على مدى الزمن. ولكن هاتين النقطتين قد تحتاجان إلى دراسة تحليلية مستفيضة، نظرا لأن طبيعة الالتزام بقانون ما تختلف اختلافا بينا عن طبيعة الالتزام بتعريف. فالقوانين في الغالب الأعم قابلة للتصويب واحدا واحدا، أما التعريفات وهي تحصيل حاصل، فليست كذلك. مثال ذلك أن جانبا مما استلزمته الموافقة على قانون أوم تمثل في إعادة تعريف كل من «تيار» و«مقاومة»؛ ولو حدث وظل معنى هذين المصطلحين مثلما كانا قبل ذلك، لأصبح قانون أوم خطأ، وهذا هو السبب فيما لاقاه من معارضة شديدة شرسة على عكس الحال بالنسبة

لقانون جـولي ـ لينتس (٨). ولعل هذا موقف نمطى يتكرر دائما. وغـالبا ما يراودنى اعتقاد بـأن جميع الثورات العلميـة تنطوى، من بين جملـة أمور أخـرى، على إسقاط المبادىء العـامة التي تمثلت قـوتها في السابق في أنها من نـاحية من النـواحي تحصيل حـاصل. ترى هل أوضـح لنا أينشتين أن التـزامن نسبى أم أنـه غير مفهوم التـزامن ذاته؟ وهل أولئك الذين رأوا أن عبـارة «نسبية التزامن» تنطوى على مفارقـة كانوا على خطأ تماما ولا شيء آخر؟

لنبحث بعد ذلك طرازا ثـانيا من العناصر المكونـة للقالب المبحثى الذى تحدثت عنـه كثيرا في كتابي الأصلى تحت عنـاوين مثل «النماذج الإرشـاديـة الميتـافيزيقيـة» أو «الجوانب الميتـافيـزيقيـة في النماذج الإرشـاديـة». وأعنى بـذلك الالتـزام الجمعى أو المشترك بمعتقـدات معينة مثـل: الحرارة هي الطاقـة المولـدة للحـركة «الكينيتيـة» في الأجزاء المكونة للأجسام. أو جميع الظواهر التي تدركها حسيا راجعة إلى التفاعل بين ذرات محايدة كيفيا في الفراغ، أو أيضا، راجعة إلى المادة والقوة أو إلى المجالات. وإذا قدر لى أن أعيد صيـاغة الكتاب من جديد فإننى سوف أصف هـذه الالتزامات بأنها معتقـدات تؤمن بنماذج محددة، كما سأوسع من مقـولة النماذج لتشمل أيضـا أنواعـا كشفية نسبيا: فالـدائرة الكهربية يمكن اعتبارها دائرة هيدروديناميـة في حالة ثبات، وجزيئـات الغاز تسلك مثل كرات بليـاردو صغيرة لدنة تتحـرك حركات عشـوائية. وعلى الرغم من أن قـوة التزام الجماعة تتغير وتتبـاين لأسباب لا تخلـو من أهمية، على مدى نطـاق واسع يمتد من النماذج الكشفيـة إلى النماذج الأنطولـوجية، إلا أن جميع هذه النماذج لها وظـائف متماثلة. ذلك أنها من بين جملـة أمور عـديدة، تـزود جماعة البحث بقياس تمثيلي أو تشبيه مجازى سائغ أو مفضل على سواه. وهي بذلك تساعد على تحديد قـائمة بـالألغاز التي لم تحل، وعلى تقييم أهميـة كل منها. ولكن يجب أن نلاحظ على الرغم من ذلك أن أعضاء الجماعات العلمية قد لا يشتركون معا بالضرورة

(٨) للاطلاع على عدد من الجوانب الهامة المتعلقة بهذا الحدث انظر: T. M. Brown, "The Electric in the Current In Early Nineteenth-Century French Physics," Historical Studies Physical Sciences, I (1969), 61-103, and Morton Schagrin, "Resistance to Ohm's Law," American Journal of Physics, XXI (1963), 536-47.

في نماذج كشفية، وإن كان هذا هو الحال عادة. وسبق لي أن أوضحت أن الحصول على عضوية جماعة الباحثين الكيميائيين خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر لم يكن يستلزم، كشرط أساسى، الاعتقاد بوجود الذرات.

المجموعة الثالثة من عناصر القالب المبحثى سأعرضها بوصفها قيما. وهي بوجه عام واسعة الانتشار كعناصر مشتركة بين جماعات البحث المختلفة، وتعد أوسع انتشارا من التعميمات الرمزية أو النماذج وتفيد كثيرا في أنها تعطي الباحثين الإخصائيين في مجال علوم الطبيعة في مجموعهم إحساسا بالانتماء إلى جماعة بحث مميزة. وعلى الرغم من أنها تقوم بدورها هذا في جميع الأوقات، إلا أن أهميتها الخاصة تظهر عندما يتعين على أعضاء جماعة بحث بذاتها أن يتعرفوا على الأزمة وتحديدها، أو يتعين عليهم في مرحلة تالية، الاختيار بين نهجين متضاربين لممارسة مبحثهم العلمى. ولعل أكثر القيم رسوخا وعمقا هي القيم المتعلقة بالتنبؤات: إذ يجب أن تكون دقيقة، والقيم الكمية منفصلة عن القيم الكيفية، وأيا كان هامش الخطأ المسموح به إلا أنه يتعين الوفاء بها واحترامها دائما في مجال بذاته، وما إلى ذلك. ولكن هناك أيضا قيم تستخدم للحكم على النظريات الكاملة: إذ يجب أولا وقبل كل شيء أن تسمح بصياغة الألغاز وإيجاد حلول لها، وأن تكون كلما أمكن ذلك سهلة ومتسقة مع نفسها ومقبولة عقلا، ومتجانسة، أى متجانسة مع النظريات الأخرى السائدة في وقتها (وأرى الآن أن من نقاط الضعف في كتابي الأصلى أننى أوليت قيم التجانس الباطني والخارجي اهتماما ضئيلا خلال دراستي لمنابع الأزمة والعوامل الحاكمة لاختيار نظرية من النظريات). وهناك بطبيعة الحال أنواع أخرى من القيم - مثال ذلك أن العلم ينبغي أن يكون (أم لا يجب أن يكون بالضرورة) نافعا إجتماعيا؟ - بيد أننى أعتقد أن ما سبق بيانه يوضح ما يدور في ذهني.

غير أن جانبا واحدا من القيم المشتركة يقتضى منا اهتماما خاصا. فالقيم يمكن أن تكون مشتركة بين عدد من العلماء على نطاق أوسع مما هو حادث بالنسبة للعناصر الأخرى في القالب أو الإطار المبحثى، وان اختلف هؤلاء العلماء في تطبيقها. ونلحظ أن أحكام الدقة أحكام ثابتة نسبيا وأن لم تكن كذلك بصورة تامة، من عصر إلى

آخـر، ومن عضـو إلى آخر، داخل جماعـة بحث بـذاتها. غير أن أحكـام البساطـة والاتساق والمقبولية وغير ذلـك فغالبا ما تتباين تباينا كبيرا مـن جزء إلى آخر. فما كان عنـد أينشتين تهافتا أو نقصـا في الإتساق لا يحتمل في النظـرية الكميـة «الكوانطيـة» القديمة، وهو تهافت بلغ حدا جعل استمرارية العلم القياسى أمرا مستحيلا، كان عند بـور وآخرين مشكلة صعبـة من المتوقع، في نظرهم، حلهـا بالوسائل العـادية. والأهم من ذلـك أن نـلاحظ في المواقف التى تقتضينـا تطبيـق القيم أن هنـاك قيما مختلفة، إذا ما نظرنا إليها على حدة غالبا مـا تفرض علينا خيارات متباينة. وقد تكون نظرية ما أكثـر دقة ولكنها أقل إتساقا أو أقل قبولا في ظـاهر الأمر عن غيرها، وخير مثال على ذلك للمرة الثـانية نظرية الكم «الكـوانطا» القديمة. صفـوة القول أنه على الرغم من أن القيم تمثل قـاسما مشتركا على نطـاق واسع بين العلماء، وعلى الرغم من أن الالتزام بها عميق وصميمي في العلم، إلا أن تطبيق القيـم يتأثر أحيانـا تأثرا كبيرا بالقسمات المميـزة للشخصية الفردية وتـاريخ الحياة الشخصية، وهي أمـور تمايز بين أعضاء الجماعة الواحدة.

وبدأ في نظر كثيرين ممن طالعوا الفصول السابقة أن الخاصية المميزة للطريقة التى تعمل بها القيم المشتركـة بين أعضـاء جماعـة البحث تمثل نقطـة ضعف أسـاسيـة في موقفى. ونظرا لأننى أشدد على أن ما هـو مشترك بين العلماء غير كاف لفرض موافقة إجماعيـة متسقة بشأن مـوضـوعات بـذاتها مثل الاختيـار بين نظريتين متنـافستين أو التمييز بين حالة شذوذ عادية وبين حالة شذوذ تثير أزمة، لذلك أجدنى أحيانا متهما بتمجيد الذاتية بل واللاعقلانية [٩]. بيد أن هذه الاستجابة تغفل خاصيتين تكشف عنهما أحكـام القيمة في أي مجال من مجالات البحث. أولا، أن القيم المشتركـة يمكن أن تكون محددات هامة لسلوك الجماعة حتى ولو لم يطبقها جميع أعضاء جماعة البحث

(٩) أنظـر بوجـه خـاص Dudley Shapere, "Meaning and Scientific Change," in Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), 41-85, Israel Scheffler, Science and Subjectivity (New York,1967).
وكذلك مقالات بقلم كارل بوبر وأمرى لاكاتوس في «نمو المعرفة».

بنفس الطـريقـة. (وإذا لم يكن الحال كـذلك فلن تكـون هناك مشكـلات فلسفيـة خاصة متميـزة بشأن نظرية القيم أو علم الجمال). فالناس لم يرسمـوا جميعا على نحو متشابه عبر العصور التى كان فيها التعبير بـالرسم قيمة أولية، ولكن المسار التطورى للفنون التشكيلية تغير بالكـامل على إثر التخلى عن هذه القيمة [١٠]. ولنتخيل مـا الذي يمكن أن يحدث في مجال العلوم لو لم يعد الإتساق قيمـة أولية. ثانيا، إن قابلية التباين بين الأفراد في تطبيـق القيم المشتركة يمكن أن يؤدى وظائف جـوهرية للعلم. فـالموضوعـات التى يتعين تطبيق القيم بشأنها هي دائما وأبـدا تلك الموضوعـات التي يتعين عندها قبول المخـاطرة. فأكثر حالات الشذوذ يتم حسمها بالـوسائل العادية، وأكثر الاقتراحات الخاصـة بنظريات جديدة يثبت خطؤهـا. ولو أن جميع أعضاء أي جماعة للبحث استجابت إزاء كل حالة شذوذ باعتبارها مصدر أزمة، أو لو أنهم قبلوا وتمثلوا أى نظرية جديدة يقدمها زميل لهم، لو حدث ذلك لتوقف العلم تماما. ومن ناحيـة أخرى لـو حدث ولم يستجب أحد لحالات الشـذوذ أو لمشروعات النظـريات الجديدةورفضوا كلهم المخـاطرة لما حدثت ثورات على الإطـلاق أو حدث قليل جدا منها. وفي مثل هذه الأمـور فإن الاستعانة بالقيم المشتركة دون القـواعد المشتركة التى تحكم الاختيار الفردى يمكن أن تكون هي السبيل الأمثل لدى جماعة البحث لتوزيع المخاطرة وضمان نجاح مشروعها على المدى البعيد.

ولننتقل الآن إلى النـوع الرابع مـن عناصر القـالب المبحثى، وهـو ليس آخرهـا، ولكنه الأخير الذى أعرض له هنا. وسوف نجد أن مصطلح «النموذج الإرشادى» هو الأوفق له تماما، سـواء من حيث فقه اللغة أو من حيث السيرة التـاريخية. إذ أن هذا هو العنصر الأساسى في الالتـزامات المشتركة بين أعضاء جماعـة البحث الذى قاد فى أول الأمـر إلى اختيار تلـك الكلمة. ولكن نظـرا لأن هـذا المصطلح بـات له وجـود مستقل، فسـوف أستخدم هنـا بـدلا عنه كلمـة «أمثلـة». وأعنى بها بـداية الحلـول الموضوعيـة للمشكلات التي يواجههـا الدارسـون في مستهل دراستهم للعلم، سواء داخل المعمل أم كمـوضـوعـات في الامتحـانـات أم في نهايـة فصـول كتب العلـوم

(١٠) أنظر الدراسة الواردة في صدر الفصل الثالث عشر فيما قبل.

الدراسية. ولكن حرى بنا أن نضيف على الأقل إلى هذه الأمثلة المشتركة بعض حلول المشكلات التقنية التي تعرض لنا في النشرات الدورية والتى تجابه العلماء خلال حياتهم العلمية وأثناء إجراء البحوث الدراسية بعد التخرج، والتى توضح لهم بالأمثلة كيف يؤدون عملهم. وأن الفوارق بين مجموعات الأمثلة المختلفة هي التى تكسب جماعة البحث بنية العلم الدقيقة أكثر مما تفعل جميع العناصر الأخرى المكونة للقالب المبحثى. فجميع علماء الفيزياء على سبيل المثال يبدأون بدراسة نفس الأمثلة: مشكلات مثل السطح المائل والبندول المخروطى ومدارات كبلر الفلكية، وكذلك أدوات وأجهزة مثل آلة الورنية ٤ والمسعر أو جهاز قياس السعرات الحرارية، وقنطرة هويتسون لقياس المقاومة الكهربائية. ولكن كلما إزداد تدربهم ونهامرانهم كلما ازداد التعبير عن التعميمات الرمزية المشتركة بينهم بأمثلة مختلفة. وعلى الرغم من أن علماء فيزياء الأجسام الصلبة ونظرية المجال يشتركون معا في معادلة شرودنجر فيما يختص بميكانيكا الأمواج إلا أن استخداماتها الأولية جدا هى القاسم المشترك بين الفريقين.

٣ ـ النماذج الإرشادية بإعتبارها أمثلة مشتركة

النموذج الإرشادى بإعتباره مثالا مشتركا بين أعضاء جماعة البحث يمثل العنصر المركزي لما أراه الآن الجانب الأحدث، والأقل فهما، في هذا الكتاب. لذلك سوف تقتضى الأمثلة منا اهتماما أكثر من اهتمامنا بأنواع العناصر الأخرى المكونة للقالب المبحثى. ولم يحدث عادة أن درس فلاسفة العلم المشكلات التى تجابه الدارسين في المعامل أو في نصوص كتب العلوم الدراسية، اعتقادا منهم أن الهدف من هذه أو تلك هو فقط تهيئة فرص الممارسة العملية لاستخدام ما عرفه الدارس بالفعل. ويقال أن الدارس لا يسعه حل المشكلات على الإطلاق ما لم يكن قد درس أولا النظرية وبعض القواعد اللازمة لتطبيقها. إن المعرفة العلمية كامنة في النظرية وفي القواعد العامة، ولكننا نعطى الدارس مسائل لتدريبه على تطبيقها في سهولة ويسر. بيد أنني حاولت أن أوكد أن تحديد مواضع المحتوى المعرفي للعلم على هذا النحو خطأ. إذ بعد أن يقوم الدارس بحل كثير من المسائل فإنه قد لا يكتسب سوى مزيد من

السهولة لحل المزيد منها. ولكن في البداية، وبعد فترة من الزمن يصبح حل المسائل بمثابة تعلم أمور هامة عن الطبيعة. وإذا لم تتوفر هذه الأمثلة فإن القوانين والنظريات التي سبق له دراستها ستكون ذات محتوى عملى وتجريبى ضئيل.

ولكي أوضح ما أعنيه سأعود بإيجاز إلى التعميمات الرمزية. يعتبر قانون الحركة الثاني عند نيوتن أحد الأمثلة المشتركة بين الباحثين على نطاق واسع، والذي نكتبه عادة في صيغة ق = ك حـ. ولكن عالم الاجتماع، أو قل عالم اللغة الذي يتبين له أن التعبير المناظر ينطقة أعضاء جماعة بحث بذاتها ويتقبلونه دون أية مشكلة لا بد له أن يجرى المزيد من البحوث الإضافية لكي يفهم جيدا معنى التعبير والمصطلحات الواردة فيه، ولكي يفهم أيضا الكيفية التي يربط بها علماء هذه الجماعة بين التعبير وبين الطبيعة. وواقع الأمر أن قبولهم له قبول تسليم دون تساؤل، واستخدامهم له كنقطة بداية في التعامل المنطقى والرياضى لا يعنى بأى شكل من الأشكال أنهم على وفاق تماما بشأن معناه وإستخدامه، ولا ريب في أنهم على وفاق بدرجة كبيرة، وإلا لتكشف الخلاف سريعا فيما يجرى من مناقشات بينهم بعد ذلك. ولكن من حق المرء أن يسأل عند أي نقطة وبأي وسيلة انتهوا إلى ذلك. كيف تعلموا إذا ما واجههم موقف تجريبى محدد، أن يميزوا جيدا القوى والكتل والعجلات المناظرة؟

وفي التطبيق العملى، على الرغم من أن هذا الجانب لا يلحظه أحد إلا نادرا، وربما لا يلحظه أحد بتاتا، إلا أن ما يتعين على الدارسين دراسته فهو شيء أكثر تعقيدا من ذلك. فليس الأمر كذلك تماما حين نقول إن أساليب المعالجة المنطقية والرياضية تطبق مباشرة على ق = ك حـ. فإن هذا التعبير يؤكد عند الاختبار أنه خلاصة أو مجمل قانون. ومع انتقال الدارس أو الباحث العلمي الممارس من مسألة عملية إلى المسألة التالية لها، يتغير التعميم الرمزي الذي تنطبق عليه هذه المعالجات. فبالنسبة لعجلة السقوط الحر نلحظ

أن ق = ك حـ تصبح ك ع = ك $\frac{د^{٢} ف}{د ز^{٢}}$

وبالنسبة للبندول البسيط تتحول إلى ك ع حا⊖ = - ك ل $\frac{د^{٢} ⊖}{د ز^{٢}}$

وبالنسبة لآلتي ذبـذبة تتحركان حـركة توافقية وتؤثـران في بعضهما بعضا تتحول إلى معادلتين الأولي نكتبها على النحو التالي :

$$ك_{١} \frac{د^{٢}ف_{١}}{د ز^{٢}} + ص_{١} ف_{١} = ص_{٢} [ف_{٢} - ف_{١} + د]$$

حيث ص = ثابت ، د = تفاضل مرة، $د^{٢}$ = تفاضل مرتين

وبالنسبـة لمواقف أكثر تعقيـدا ، مثل الجيروسكوب ٥ ، فـإنها تأخذ أيضـا صيغا أخـرى ، بحيث يصبح من المتعـذر أكثر من قبل الكشف عـن التماثل العائلى بينهـا وبين صيغــة ق = ك × حــ. إلا أن الــدارس حين يتعلم تحديــد القــوى والكتل والعجلات في مواقف فيزيقيـة متباينة لم يواجهها من قبل ، فإنـه يكون قد تعلم أيضا وضع الترجمة الملائمة للصيغـة ق= ك × حـ التي يربط من خـلالها بين تلك العناصر المشاهدة وغالبـا ما تكون ترجمة لم يصادف من قبل مكافئنـا حرفيا لها . كيف تعلم أن يفعل ذلك؟

مفتاح الإجـابة نجـده في ظاهـرة مألوفـة لدى كل من طـلاب العلم ومـؤرخيه . فالأولـون يقولون عادة أنهم قـرأوا فصلا من كتابهم الدراسي وأجـادوا فهمه ، ولكنهم على الرغم من ذلك يجدون صعوبة في حل عدد من المسائل الواردة في ختام الفصل . والمألـوف أن تزول هـذه الصعاب بنفس الطـريقة . ويكتشف الطـالب ، بمساعـدة معلمه أو بدون مساعـدة منه ، طريقة يرى من خلالها المسألـة الصعبة شبيهة بمسألة أخرى سبق أن عـرضت له . وحين يتبين وجه التشابـه ، ويدرك التماثل بين مسألتين متمايزتين أو أكثر يمكنـه أن يحدد العلاقات المتبادلـة بين الرموز، ويربطهـا بالطبيعة مستعينا في ذلك بالوسائل التي تأكدت فعاليتها فيما سبق . فمجمل القانون ، ولنقل مثلا ق = ك × حــ استخدم كأداة دلت الطـالب على أوجه التماثل التـي يتعين عليه البحث عنها ، ودلته أيضا على الصورة الكلية التي يمكنه أن يرى فيها الموقف إجمالا . هذه القدرة المترتبـة على ذلك ، والتي تؤهله لكي يرى مواقف عـديدة وكأنها متشابهة وتندرج جميعها تحت القـانون ق = ك × حـ أو غيره من التعميمات الرمـزية ، أقول إن هذه القـدرة في رأيي هي الشيء الرئيسي الذي يكتسبه الطـالب عن طريق تعلم حل

مسائل بصفتها أمثلة، سواء مستخدما ورقة وقلما أو داخل معمل جيد التجهيز للهدف نفسه. وبعد أن يكون قد أتم حل عدد محدد، قد يتباين تباينا واسعا من شخص إلى آخر، ينظر إلى المواقف التي تعرض له نظرة عالم من خلال نفس الصورة الكلية التي يراها الآخرون من الباحثين المتخصصين أعضاء جماعته العلمية. وإذا بها لم تعد بالنسبة له ذات المواقف التي واجهها وقتما بدأ عملية التدريب. لقد استوعب في غضون تلك الفترة الطريقة التي تجيزها جماعة البحث لرؤية الأشياء، والتي خضعت لمحك الزمن.

وإن دور علاقات التماثل المكتسبة من خلال الدراسة يتجلى بوضوح أيضا في تاريخ العلم. فالعلماء يحلون الألغاز عن طريق مطابقتها لنماذج من حلول لألغاز سابقة، ودون الرجوع في الغالب للتعميمات الرمزية إلا في أقل الحدود الممكنة. فلقد اكتشف جاليليو أن كرة تتدحرج هابطة على سطح مائل تحتاج إلى نفس القدر فقط من السرعة الموجهة لإعادتها إلى ذات الارتفاع الرأسى فوق سطح مائل آخر لأي منحدر، وعرف كيف ينظر إلى ذلك الموقف التجريبي باعتباره مماثلا للبندول الذي تتحرك كتلتة المتذبذبة حركة منتظمة. واستطاع هيجينز بذلك أن يحل مشكلة مركز ذبذبة البندول الطبيعي أو البندول البسيط، إذ تخيل أن الجسم الممتد أو كتلة هذا البندول البسيط بالنظر إلى أبعادها الحقيقية تتألف في الواقع من بندولات مماثلة لبندولات جاليليو، وأن الروابط بين هذه يمكن قطعها في لحظة واحدة عند أي وضع من أوضاع حركة البندول المترجحة. وبعد قطع هذه الروابط فإن البندولات المفردة ذات الحركة المنتظمة سوف تترجح كل منها مستقلة عن الأخرى في حركتها المتوازنة، غير أن مركز جاذبيتها الجمعي أو المشترك، عندما يصل كل منها إلى أقصى بعد له، لن يعلو إلا إلى ذات السمت الذي بدأ عنده سقوط مركز جاذبية البندول الحقيقي، تماما مثلما فعل مركز جاذبية بندول جاليليو. واستطاع دانييل برنوللي أن يكتشف أخيراكيف يجعل تدفق الماء من فوهة شبيها ببندول هيجينز. فقد حدد انحدار مركز جاذبية الماء في الخزان، وحدد معدل الدفق خلال فترة زمنية متناهية الصغر. وتخيل بعد ذلك أن كل جزيء من الماء تحرك بعد ذلك على حدة صاعدا إلى أقصى ارتفاع

يمكن الوصول إليه بكمية الحركة المكتسبة خلال تلك الفترة الزمنية . وتبين أن صعود مركز جاذبية الجزئيات المفردة لا بد أن يكون مساويا لهبوط مركز جاذبية الماء في الخزان ومعدل الدفق . وأمكن على الفور في ضوء هذه النظرة حل المشكلة التي ظلت مستعصية على الحل زمنا طويلا ، وهي مشكلة سرعة الدفق (١١) .

هذا المثال من شأنه أن يبدأ في بيان ما أعنيه حين أقول إن المسائل تعلم الدارسين أن يروا المواقف وكأنها متماثلة ، وباعتبارها تطبيقات لنفس القانون أو مجمل القانون العلمي . ويوضح في الوقت ذاته لماذا أتحدث عن معرفة هامة ذات شأن عن الطبيعة يتم اكتسابها من خلال تعلم علاقة التماثل ثم تتجسد بعد ذلك في طريقة لرؤية المواقف الفيزيقية قبل أن تتمثل في قواعد عامة أو قوانين . والمسائل الثلاثة الواردة في المثال ، جميعها أمثلة من علماء متخصصين في الميكانيكا في القرن الثامن عشر ، واستخدموا قانونا واحدا للطبيعة . ويعرف باسم مبدأ طاقة الحياة أو مبدأ القدرة على الحياة ، ويصاغ عادة على النحو التالي : «الهبوط الفعلي يعادل الصعود الممكن» . ولعل تطبيق برنوللي للقانون يكشف إلى أي مدى كانت له نتائج هامة . غير أن الصياغة اللفظية للقانون إذا ما تأملناها في ذاتها ستبدو شيئا عقيما . ولنحاول أن نعرضها على دارس معاصر للفيزياء يعرف هذه المصطلحات ويجيد حل هذه المسائل جميعها غير أنه يستخدم الآن وسائل مختلفة . ثم لنتخيل معا بعد ذلك ما الذي يمكن أن تفيده هذه الكلمات على الرغم من وضوح معناها كلمة كلمة ، لإنسان لم يعرف شيئا عن المسائل . هاهنا تبدأ القاعدة العامة في أداء دورها فقط بعد أن يكون قد تعلم كيف يتعرف على «الهبوط الفعلي» و«الصعود الممكن» كظاهرتين طبيعيتين .

---

(١١) للاطلاع على هذا المثال انظر: René Dugas, “A History of Mechanics”, trans. J.R Maddox (Neuchatel, 1955), pp. 135-36, 186-93, and Daniel Bernoulli, Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus accademicium (Strausbourg, 1738), sec. iii F.

وللاطلاع على المدى الذي وصلت إليه الميكانيكا في تقدمها خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر عن طريق المماثلة بين حل مشكلة وأخرى ، انظر:

Clifford Truesdell, “Reactions of Late Baroque Mechanics to success, Conjecture, Error, and failure in Newton’s Principia,” Texas Quarterly, X (1967), 238-58.

معنى هذا أنه ينبغي عليه قبل أن يتعلم القـانون، أن يتعلم شيئا ما عن الحالات التي تكشف عنهـا، أولا تكشف عنها، الطبيعـة. ومثل هذا التعلم لا يتأتى عن طـريق الوسـائل اللفظية وحـدها. وإنما على العكس يكتسبـه المرء حين تتوافـر له الكلمات مقترنة بـأمثلة واقعيـة يضعها موضـع التطبيق، وتبين له طـريقة الأداء عمليـا. فالمرء يتعلم الطبيعـة والكلمات معـا في آن واحـد. وأعـود هنـا لأقتبس من ميشيل بـولاني عبارته الخصبة وأقول أن حصاد هذه العملية «معرفة ضمنية» يكتسبها المرء من خلال ممارسة العلم قبل أن يتعلم قواعد إنجازها.

٤ ـ المعرفة الضمنية والحدس

الإشارة إلى المعرفة الضمنية أو المضمرة وإقترانها برفض القواعد العامة تبرز مشكلة أخرى أثارت ضيق كثيرين ممن انتقدوني، وتشكل فيما يبـدو أساسا لاتهامات تتعلق باللاموضوعية واللاعقلانيـة. لقد ولدت انطباعا لدى بعض القراء بأنني حاولت أن أقيم العلم على أساس من حـالات الحدس الفردي الـذي لا يخضع للتحليل ويكون بديلا عن المنطق والقانون. بيد أن هذا التفسير خاطىء في نقطتين جوهريتين. أولا، إذا كنت قـد تحدثت عن الحدس فإنـه ليس حـدسـاً فرديـا، وإنما الأصح أنـه ذلك الـرصيد الـذي خضع لـلاختبار وبـات مشتركا بين أعضـاء جماعـة بحث ناجحـة، ويكتسبه المبتـدىء من خلال التدريب بـاعتباره جانبـا من عملية إعداده لعضـوية الجماعة. ثانيا، أنـه ليس من حيث المبدأ غير قابل للتحليل. بل على العكس فإنني الآن أجـرى تجارب على برنـامج كومبيـوتـر جرى تصميمـه لدراسـة خصائص هـذا الحدس على الصعيد الأولى له.

ولن أقول شيئـا هنا عن هـذا البرنامج[١٢] غير أن مجرد الإشارة إليـه كافيـة لبيان وتوضيح أهم حجة عندي. فأنا حين أتحدث عن معـرفة متجسدة في أمثلة مشتركة، لا أعني بذلك نمطـا من المعرفـة أدنى منهجية أو أقل قابليـة للدراسـة التحليلية من المتجسدة في قـواعد أو قـوانين أو معايير خـاصة بـالمطابقـة. ولكنني أعني من ذلك طـريقـة أخـرى في المعـرفـة، نشـوههـا حين نعبر عنهـا في ضـوء قـواعـد

(١٢) يمكن الاطلاع على بعض المعلومات عن هذا الموضوع في «أفكار ثانية»

يجرى تجريدها بداية من الأمثلة ثم نتخذها بديلا عن هذه الأمثلة وتحل محلها لتعمل عملها. أو بعبارة أخرى فإنني عندما أتحدث عن أن المرء يكتسب من خلال الأمثلة قدرة على التعرف على أن حالة معطاة، تماثل، أولا تماثل، حالات أخرى غيرها سبق له أن رآها، فإنني بذلك لا أشير إلى عملية يتعذر تماما تفسيرها في ضوء الميكانيزم العصبي المخي. وإنما على العكس أذهب إلى أن التفسير في ذاته لن يجيب على سؤالنا «مماثل بالنسبة لماذا؟» هذا السؤال بمثابة التماس لقاعدة، وهو في هذه الحالة التماس لمعرفة المعايير التي يتم بناء عليها تجميع حالات متميزة في فئات متماثلة. وأدفع هنا بالحاجة إلى مقاومة أغراء البحث عن معايير (أو على الأقل عن قائمة كاملة من المعايير). إنني هنا لا أعارض النسق بعامة بل أعارض نسقا أو نظاما من نوع خاص.

وحتى أوضح مضمون كلامي أجد لزاما على أن استطرد قليلا. إن ما أذكره فيما يلي يبدو لي واضحا الآن، غير أن استخدامي المتكرر في كتابي الأصلي لعبارات مثل «العالم يتغير» يوحي بأنه لم يكن كذلك دائما. فلو افترضنا أن شخصين يقفان في مكان واحد ويحدقان معا في نفس الاتجاه، فلا بد أن نستنتج، التزاما بما يقضي به مذهب ربما كانت نقطة الأناوية أوضح دلالة، أنهما يتلقيان منبهات تكاد تكون متماثلة (ولو استطاع كل منهما أن يثبت عينيه على نفس المكان فسوف تكون المنبهات متطابقة) ولكن الناس لا يرون منبهات، ومعارفنا عنها هي معارف نظرية وتجريدية إلى حد كبير. وإنما يتلقى الناس بدلا من ذلك إحساسات. وليس هناك مايجبرنا على افتراض أن إحساسات صاحبينا هنا اللذين يحدقان بعيونهما هي إحساسات واحدة. (ولعل المرتابين يتذكرون أن العمى اللوني لم يلحظه أحد حتى وصفه جون دالتون في عام ١٧٩٤). بل على العكس، فإن قدرا كبيرا من المعالجات تجري في أعصاب الجهاز العصبي المركزي فيما بين تلقي المنبه وبين الوعي بالإحساس. ومن بين القليل المؤكد الذي نعرفه عنها: أن منبهات شديدة التباين يمكن أن تحدث نفس الإحساسات، وأن المنبه الواحد يمكن أن يولد إحساسات شديدة التباين، وأخيرا إن الطريق من المنبه إلى الإحساس مشروط في جانب منه بالتعلم. إن الأفراد الذين

ينشــأون في مجتمعات مختلفة يسلكون في بعض المناسبات وكأنهم رأوا أشياء مختلفة. ولو لم نقـع تحت إغراء المطـابقة بين المنبهـات والإحساسـات على أساس أن مطـابقة واحد إلى واحد، لكان بالإمكان القول أنهما بالفعل يريان أشياء مختلفة.

ولنلاحظ الآن أن جماعتين، تتكـون لدى أعضائهما على نحو نسقي إحسـاسات مختلفـة عنـد تلقي ذات المنبهـات، إنما يعيشـون، بمعنى من المعـاني، في عـالمين مختلفين. ونحن نفترض وجـود المنبهـات لتفسير مـدركاتنـا الحسيـة عن العـالم، كما نفترض ثباتها أو عـدم قابليتهـا للتغير تجنبا لنـزعة الأنـانية أو الانحصـار الذاتي على المستويين الفـردي والاجتماعي. وليس عندي أي تحفظ إزاء أي من الافتراضين. غير أن عالمنا يزخر أولا وأسـاسا بموضوعات إحساساتنا وليس بـالمنبهات، وموضوعات الإحســاس تلك ليست بالضرورة واحـدة من فـرد إلى آخر أو جماعـة مقابل أخـرى. وطبعي أنه بقـدر ما يكـون الأفراد أبنـاء جماعة بذاتها ينتمـون إليها ويشتركـون معا في التعلم واللغـة والخبرة والثقـافـة، هنـا يكون لـدينـا مبرر لافتراض أن احسـاسـاتهم واحدة. وإلا كيف لنـا أن نفهم بطريقة أخـرى تمام التواصل بينهم، ووحـدة الطابع الجماعى لاستجابـاتهم السلوكية إزاء بيئتهم؟ إنهم لا بد أن يـروا الأشياء، وأن يعالجوا المنبهات بطرق متماثلـة إلى حد كبير. ولكن ما أن يبدأ التمايـز والتخصص للجماعات حتى تنتفي أي بينة مماثلة على ثبات الإحســاس وعدم قابليته للتغير. ولكن أخال أن ضيق أفق التفكير هو الذي يجعلنا نظن أن الطـريق من المنبهات إلى الإحساس واحد بالنسبة لأبناء كل الجماعات على اختلافها.

تعود الآن إلى الأمثلة والقـواعد التي حاولت الإشارة إليهـا، وإن كانت في صورة تمهيدية. إن أحـد التقنيات الأساسية التي يتعلم من خلالها أعضاء جماعـة ما، سواء تعلق الأمر بثقـافة كاملة أم بجماعـة فرعية من الإخصائيين في داخلهـا، أن يروا ذات الأشياء عندما يواجهون نفس المنبهات تقوم على أساس عرض أمثلة لمواقف وحالات سبق أن تعلـم أسـلافهم من أبنـاء الجماعـة أن يـروهـا متماثلة وأيضـا مغـايـرة لمواقف أخرى. وقد تكون هذه المواقف المتماثلة تجليـات حسية متعاقبة تتعلق بشخص واحد ـ لنقل مثلا الأم التي يمكن التعرف عليها في النهـاية بمجرد الرؤية، وتحديد أنها هي

ما هي عليه وأنها غير الأب أو الأخت. وقد تكون تجليات لأفراد من عائلات طبيعية كأن تكون على سبيل المثال صورا حسية لبجع من ناحية ولأوز من ناحية أخرى. أو تكون بالنسبة لأعضاء جماعات أكثر تخصصا، أمثلة لموقف أو لتجربة من تجارب نيوتن، أي مواقف متشابهة من حيث أنها تندرج معا تحت الصيغة الرمزية ق = ك×حـ، ومختلفة عن مواقف أخرى تندرج على سبيل المثال تحت مجمل قانون من قوانين البصريات.

ولنسلم معا للحظة أن شيئا من هذا يحدث بالفعل. فهل لنا أن تقول أن ما تم تحصيله من الأمثلة هو القواعد والقدرة على تطبيقها؟ هذا عرض يغرى الإنسان لأن رؤيتنا لحالة ما على أنها مشابهة لحالات سبق أن واجهتنا لابد وأن تكون حصيلة معالجة الجهاز العصبي الذي تنظمه تماما قوانين فيزيائية وكيميائية. وحسب هذا المعنى فإننا ما أن نتعلم أن نفعل ذلك، حتى تكون عملية التعرف على وجه المماثلة هي بالضرورة عملية نسقية شأنها شأن ضربات القلب. بيد أن هذا التناظر الكامل يوحى بأن عملية التعرف قد تكون أيضا عملية لا إرادية، أي عملية لا سيطرة لنا عليها. وإذا كانت كذلك، فقد لا يكون صحيحا أن نفهمها باعتبارها أمرا ندبره ونتحكم فيه من خلال تطبيق القواعد والمعايير. والحديث عنها بهذه اللغة يفيد ضمنا أن ثمة بدائل يمكننا الاختيار بينها، وأن بإمكاننا على سبيل المثال مخالفة قاعدة ما أو تطبيق معيار تطبيقا خاطئا، أو أن تتوفر لنا رؤية بوسيلة أخرى[١٣]، والرأي عندى أن هذه كلها من الأمور المستحيلة علينا.

أو أنها، على نحو أكثر دقة، أمور نعجز عن أدائها قبل أن يتولد لدينا إحساس أو أن ندرك حسيا شيئا ما. وها هنا غالبا ما نلتمس معايير، ونسعى إلى تطبيقها في الحياة العملية. ثم نشغل أنفسنا بإعداد تفسير، وهي عملية نقوم بها عن تدبر وروية لكي نختار على هديها بين بدائل مطروحة، وهو ما لا نستطيع أن نفعله في الإدراك

(١٣) ربما لم تكن هناك ضرورة للتشديد على هذه النقطة لو كانت جميع القوانين مثل قوانين نيوتن، وجميع القواعد العامة مثل الوصايا العشر، ففي هذه الحالة تكون عبارة «خرق القانون» لغوا وهراء، كما وأن رفض القواعد العامة لن يشتمل فيما يبدو على عملية لا ينظمها قانون ما. و من أسف أن قوانين المرور وما شابهها من تشريعات كلها أمور يمكن خرقها على نحو يجعل الفوضى والتشوش أمرين يسيرين.

الحسى نفسه. وقد يكـون فيما رأيناه على سبيل المثال شيء شاذ وغريب (ولنتـذكر هنا حالـة الشذوذ في ورق اللعب). فهـا نحن كمثال ننعطف إلى أحـد جوانب الطـريق فنبصر أمنا تـدخل مخزنا لبيع السلع في وسط المدينـة في وقت نظن أنها في البيت. وما أن نتأمل مـا رأينـاه حتى نصيـح على حين فجأة «لا، هـذه ليست أمنـاالأن شعـرهـا أشقر». ونـدخل مخزن السلع ونرى المرأة للمرة الثـانية ونعجـز عن فهم السبب الذي جعلنـا نظن أنها أمنـا. أو ربما يقع بصرنا على ريش ذيل طير مـن طيور الماء تغـوص بمنقارها في أعماق بركة لتلتقط طعاما لها. ونسأل ترى هل هذه بجعة أم أوزة؟ نتأمل ما رأيناه قليلا، ويجرى عقلنـا مقارنة بين ريش وذيل البجع وريش وذيل الأوز الذي عرفناه قبل ذلك في حياتنا. أو مرة ثالثة قد نكون من شباب الباحثين وعلماء المستقبل ونرغب فقط في معـرفة بعض السمات العـامة لأفراد عـائلة طبيعيـة (كبياض البجع مثلا)، مما تعلمنا كيف نمايـز بينها بسهولة. ها هنا أيضـا نتأمل ما سبق لنا أن رأيناه وأدركناه باحثين عما هو مشترك بين أفراد هذه العائلة التي نسعى لبيان سماتها.

هـذه كلها عمليـات تقـوم على تفكير وروية، ونحـن حين نجريها نلتمس فيهـا المعايير والقـواعد. معنى هذا أننـا نلتمس تفسير الاحساسـات التى توفرت لـدينا، وتحليل ما بات معطى لنا. وأيا كانت وسيلتنا إلى ذلك، فإن العمليات الداخلة فيها لا بد أن تكون في نهايـة المطاف عمليات عصبية، وهي لهذا خـاضعة لنفس القوانين الفيزيقية الكيميائية التى تنظم الإدراك الحسى من ناحية، وتنظم ضربات القلب من ناحية أخـرى. ولكن إذا كان الجهاز يخضع لذات القـوانين في جميع الحالات الثلاث إلا أن هـذا لا يبرر افتراض أن جهازنـا العصبى مبرمج للعمل بطـريقـة واحدة عنـد التفسير وعند الإدراك الحسى وفي ضربات القلب. لذا فإن مـا عارضته في كتابي هذا هـو تلك المحاولـة التقليديـة، التي يرجع تـاريخها إلى ديكـارت، وليس قبل ذلك، والتي تنـزع إلى تحليل الإدراك باعتبـاره عمليـة تفسيرية، وكأنها تـرجمة لا شعوريـة لما نفعله بعد الإدراك الحسى.

وطبعي أن ما يجعل تكـامل الإدراك الحسي أمرا جديرا بأن نجهـد أنفسنا لتأكيده هـو أن القسـط الأكبر من خبرة الماضي مترسب في الجهـاز العصبي الـذى يحول بعملياته المنبهـات إلى إحساسات. ولا ريب في أن آلية «ميكـانيزم» للإدراك الحسى،

أحسنت بـرجمتها على هـذا النحو، جـديـرة بأن تبقى وتعيش. وإذا قلنا أن أعضـاء الجماعات المختلفـة يمكن أن تتولد لديهم مـدركات حسية متباينـة على الرغم من أن المنبهات التـي يستقبلونها واحدة، فـإن هذا لا يعنى البتـة أن ما ينشأ لـديهم هو أي مـدركات حسيـة كيفما اتفق وأيـا ما كـانت. فـالجماعـة التي تعجز عن التمييـز بين الـذئاب وبين الكلاب لا تقـوى على البقـاء في كثير من البيئات. وكـذلك الحال في أيامنا هذه، فإن جماعة من علماء الفيزياء لن يقدر لأعضائها البقاء والاستمرار كعلماء إذا ما عجزوا عن فهم وإدراك مسارات جسيمات ألفا والالكترونات. ولكن نظرا لأن سبل الرؤية الفعالةوالملائمة محدودة وقليلة العـدد جدا فإن ما صمد منها لاختبارات جماعة البحث من خـلال استعمالها لها هو وحدة الـذي يستحق الانتقال من جيل إلى جيل. وبالمثل، فنظرا لأنه قد وقع عليهـا الاختيار لما حققته من نجاح عبر العصور، لذا يتعين علينا أن نتحدث عن الخبرة وعن معرفة الطبيعة الكامنتين في المسار الواصل بين المنبـه ــ و الإحساس. فـالعمليـة العصبيـة التي تحول المنبهات إلى إحسـاسـات تنطوى على مضمون تميزه الخصائص التـالية: إنه انتقل عبر التعلم، وأثبتت التجربة أنه أكثر كفـاءة من بدائل منافسة له تـاريخيا في البيئة الراهنـة للجماعة، ثم هو أخيرا عـرضة للتغير سـواء من خـلال مزيـد من التعلم أو من خـلال اكتشاف تفـاوت في التطـابق بينـه وبين البيئـة. وتلك هي سمات المعـرفـة التي تـوضح سبب استعمالي للكلمة بيـد أنه إستعمال لا يـزال غريبـا لافتقاره إلى خـاصية أخـرى. إذ ليس لـدينا اتصال مباشر بما نحـن نعرفه، وليست لدينـا قواعد ولا قوانين عامـة تتيح لنا التعبير عن هـذه المعرفـة. وأن القواعـد التى تهىء لنا هـذه الصلة إنما تشير إلى المنبهـات لا الاحساسات، والمنبهات لا نعـرفها إلا من خلال نظرية محكمة الصيـاغة. وفي حالة عـدم وجـود هذه النظـريـة تصبح المعـرفـة الكـامنة في المسـار الـواصل بين المنبـه ـ والإحساس معرفة ضمنية.

على الرغم من أن كل ما ذهبنا إليه هنـا هو حديث تمهيدي فقط كما هو واضح، وقد لا يكون صـوابا بالضرورة في كل تفصيلاتـه، إلا أن ما فرغنا منـه توا من حديث عن الإحسـاس يتعين أن نأخـذه بمعنـاه الحرفى. إنـه على الأقل فـرض علمى بشأن الرؤيـة البصرية جدير باخضاعـه للبحث التجريبي وإن تعذر التحقق منـه بصورة

مباشرة. ولكن حديثا كهذا عن الرؤية والإحساس له هنا أيضا وظائف مجازية مثلما كان في متن الكتاب. فنحن لا نرى الالكترونات رأى العين بل نرى على الأصح مساراتها أو بمعنى آخر فقاعات دخانية في غرفة ويلسون أو غرفة السحاب. ونحن لا نرى رأي العين التيارات الكهربية على الإطلاق، ولكن نرى بالأحرى إبرة جهاز الأميتير أو الجلفانوميتر. ومع هذا فإنني فى الصفحات السابقة وبخاصة في الفصل العاشر، عمدت مرارا إلى التصرف وكأننا ندرك بالفعل حسيا كيانات نظرية مثل تيار الكهرباء والالكترونات والمجالات، وكأننا تعلمنا أن نفعل ذلك عند فحص النماذج المماثلة، وكأن من الخطأ أيضا في هذه الحالات الحديث عن المعايير والتفسير بدلا من الحديث عن الرؤية. وأن الاستعارة المجازية التي تجيز الانتقال من «الرؤية» إلى نطاقات كهذه نادرا ما تشكل أساسا كافيا لدعم مثل هذه المزاعم. ومن ثم سيكون لزاما فيما بعد إلغاؤها و إبدالها بأسلوب حديث آخر أكثر حرفية.

والجدير بالذكر أن برنامج الكومبيوتر الذي أشرت إليه آنفا بدأ يوحى إلى بطرق ملائمة لتحقيق ذلك، بيد أنه لا المساحة المتاحة لى هنا ولا الفهم المتوفر لي الآن يسمحان لى بإلغاء الاستعارة المجازية المستخدمة هنا(١٤). غير أننى سأحاول دعمها بإيجاز شديد. إن رؤيتنا لقطرات ماء أو لإبرة على سطح مقياس مدرج تمثل خبرة إدراكية أولية بالنسبة لرجل لا يعرف شيئا عن غرف السحاب وأجهزة الأميتير.

(١٤) بالنسبة لقراء «أفكار ثانية»، إن الملاحظات التالية يمكن أن تحمل قدرا من الإيضاح وإن لم تكن صريحة بما فيه الكفاية. إن إمكانية التعرف الفوري على أعضاء إحدى العائلات الطبيعية تتوقف على وجود مساحة إدراكية فارغة، بعد المعالجة العصبية، بين العائلات للتمييز بينها. فلو كان هناك على سبيل المثال متصل إدراكي مطرد لطيور الماء يمتد من الأوز إلى البجع، سنجد أنفسنا مضطرين إلى استخدام معيار نوعي للتمييز بينها. ويمكن أن نقول نفس الشيء عن الكيانات التي لا يمكن مشاهدتها. فلو أن نظرية فيزيائية تقرر عدم وجود شيء آخر مثل التيار الكهربى، فإن عددا قليلا من المعايير قد تختلف من حالة إلى أخرى، و سوف يكفي للتعرف على التيارات حتى ولو لم تكن هناك مجموعة من القواعد العامة التي تحدد نوعيا الشروط الضرورية والكافية لعملية التعرف هذه. وتوحى هذه النقطة بنتيجة مترتبة عليها ومقبولة عقلا قد تكون أهم شأنا. إذ ما أن تتوفر مجموعة من الشروط الضرورية والكافية لتعيين كيان نظري، حتى يمكن إلغاء هذا الكيان من «أنطولوجيا» أو مبحث وجود النظرية عن طريق الإبدال. ولكن في حالة عدم وجود هذه القواعد يتعذر إلغاء هذه الكيانات، وتقضى النظرية حينئذ بضرورة وجودها.

فإنها تحتاج إلى تأمل وتحليل وتفسير (أو ربما إلى تدخل سلطة خارجية) قبل الانتهاء إلى استنتاجات عن الالكترونات أو التيارات الكهربائية. ولكن وضع الرجل الذي درس هذه الأجهزة ولديه خبرة واسعة عن أمثلة لها، هو وضع مغاير تماما، كما سنجد فوارق مناظرة في أسلوبه في معالجة المنبهات التي يتلقاها منها. إنه حين ينظر إلى البخار المتصاعد مع أنفاسه في صباح يوم من أيام الشتاء البارد، قد يخالجه إحساس مماثل لإحساس الرجل العامى، ولكنه حين يتطلع إلى غرفة السحاب فإنه لا يرى (وهنا يرى بالمعنى الحرفي للكلمة) قطرات ماء بل يرى مسارات الالكترونات وجسيمات ألفا وما إلى ذلك. وهذه المسارات، إن شئت، هي المعايير التي يفسرها على أنها مؤشرات دالة على وجود الجسيمات المقابلة، ولكن هذا الطريق يتسم بالقصر الشديد والاختلاف معا عن الطريق الذى سلكه الرجل الذي يفسر قطرات الماء.

ولنتأمل أيضا العالم الذي يفحص جهاز الأميتير لتحديد الرقم الذي استقرت عنده الإبرة. قد يكون إحساسه هو نفس إحساس الرجل العادى، خاصة إذا كان هذا الأخير سبق له أن قرأ أنواعا أخرى من أجهزة القياس. بيد أنه رأى العداد (وهنا أيضا تعبير حرفي إلى حد كبير) في إطار الدائرة الكاملة، وهو يعرف شيئا عن بنيتها الداخلية. إن وضع الإبرة بالنسبة له معيار، ولكنه معيار خاص فقط بقيمة التيار. ويكفي لكي يفسرها أن يحدد فقط المدرج الذي تقرأ العداد عليه، أما الرجل العادى فإن وضع الإبرة بالنسبة له ليس معيارا لأي شيء آخر غير نفسه فقط. ولا بد له لكى يفسره أن يفحص مجموع الأسلاك الداخلية والخارجية، ويختبر البطاريات والمغناطيسات، وما إلى ذلك. والملاحظ أن التفسير سواء في الاستعمال المجازي أم في الاستعمال الحرفي لكلمة «رؤية» إنما يبدأ حيث ينتهى الإدراك الحسى. إن العمليتين ليستا عملية واحدة متطابقة، وأن ما يبقي بعد الإدراك الحسى ليكمله التفسير يعتمد إلى أقصى حد على طبيعة وكمية الخبرة والتدريب السابقين.

٥ ـ الأمثلة ـ اللاقياسية ـ الثورات

إن ما فرغنا من عرضه الآن يشكل أساسا لتوضيح جانب آخر من هذا الكتاب: ملاحظاتي عن اللاقياسية ونتائجها بالنسبة للعلماء عند جدالهم بشأن الخيار بين

نظريتين متعـاقبتين(١٥). لقد أكدت في الفصلين العاشر والثاني عشر أن كل طرف من الطـرفين المشتركين في هـذا الجدل يـرى على وجـه القطع واليقين بعض المواقف التجريبية أو مواقف المشاهدة التي يستعين بها كل منهما رؤية مختلفة عن رؤية الطرف الآخر. وحيث أن قـاموس مفردات اللغـة التي يستخدمها كل فـريق في حواره بشأن هذه المواقف يتألف أساسا، على الرغم من هذا الاختلاف، من نفس المصطلحات، إذن لا بد أن كلا منهما يقيم بين هـذه المصطلحات وبين الطبيعة علاقـة مغايرة، ولا بد أيضـا أن يصبح التواصل بينهما جـزئيا فقط. ونتيجة لـذلك فإن غلبة نظـرية على الأخـرى تعد شيئـا لا سبيل إلى إثباتـه بالبرهـان خلال الحوار. ولهذا أكـدت على أن واجب كل طـرف هـو محاولـة جـذب الآخـر إلى طـريقـه مستعينـا في ذلك بـالحث والإقناع. إن الفلاسفة وحدهم هم الـذين أساءوا كثيرا فهم فحوى هذا الجانب من حجتي. ولقـد أفاد بعضهـم، على الرغم من هـذا، بأنني أعتقـد فيما يلي(١٦): أن دعـاة النظريـات اللاقيـاسية أي النظـريات غير المتجـانسة بحيث لا يمكن قيـاس إحداها على الأخرى، يستحيل عليهم التـواصل بعضهم مع بعض. ونتيجة لذلك فإن لا سبيل إلى الاستعانـة بالحجج والأسباب المقنعة خـلال الحوار من أجل اختيار نظـرية مـا. ومن ثم يتعين بدلا من ذلك أن يتم اختيـار النظريـة لأسباب شخصيـة وذاتية تماما في نهاية المطاف، ويصبح القرار الأخير الذي يتم اتخاذه بالفعل مبنيا على نوع من الإدراك الصوفي. ويبدو أن الفقـرات التي بني عليها هذا التفسير الخاطىء، هي المسؤولة أكثر من أي جزء آخر في الكتاب عن الاتهام باللاعقلانية.

ولننظر أولا في ملاحظـاتي على البرهان. إن الفكرة التي حاولت إبـرازها هي فكرة بسيطة ومألـوفة منـذ زمن طويل في فلسفة العلم. فـالحوار بشأن اختيار النظـرية لا يمكن صبه في صورة تشبه تماما البرهـان المنطقي أو الرياضى ففي البرهان المنطقي أو الرياضي تكون المقدمات وقواعـد الاستدلال محددة منذ البداية. وإذا حدث خلاف بشأن النتائج، أمكن لاطـراف الحوار العودة ومراجعـة خطواتهم من جديد الـواحدة

(١٥) النقاط التالية عالجتها بتفصيل أكثر في الفصلين الخامس والسادس من «التأملات».

(١٦) انظر الأعمال الواردة في الهامش رقم ٩ سابقا، وكذلك المقال الذي كتبه ستيفن تولمان Stephen Toulman في «نمو المعرفة».

بعد الأخرى، بغية التحقيق من صدق كل منهـا في ضوء التجديدات المتواضع عليها مسبقا. ولا بـد لأحد الطرفين أن يعترف في ختـام هذا العملية بأنـه وقع في خطأ ما، وأنه انتهك قـاعدة سبق إقرارهـا. وهنا لا يحق لـه الرجوع على الطـرف الآخر ويسلم مـرغما ببرهـان خصمـه. ولكن إذا حـدث أن اكتشف الطـرفـان بـدلا من ذلك أنهما مختلفان حول معنى أو تطبيـق القواعد المتفق عليها، فها هنـا فقط لا يشكل اتفاقهما السابق أسـاسا كـافيا لإقـامة البرهـان، ومن ثم يستمر الحوار في الصـورة التي يكون عليها بـالحتم أثنـاء الثورات العلمية. ويـدور هذا الحوار عنـدئذ بشأن المقـدمات، ويستعين بالحث والإقناع كتمهيد لإمكانية إقامة البرهان.

ولا شيء فيما يختص بهذه الأطروحة المألـوفة نسبيا يفيد ضمنا عـدم وجود أسباب قوية للاقتنـاع أو أن تلك الأسباب ليست في نهاية المطاف قاطعـة بالنسبة للجماعة. بل ولا تفيد حتى ضمنـا بأن أسباب الاختيار مختلفة عن تلك الأسبـاب التي يرددها عادة فـلاسفة العلم: الدقة والبسـاطة والخصوبـة وما شابه ذلك. ولكنهـا تفيد بأن هذه الأسبـاب تعمل عمل القيم، ومن ثم يمكن لأولئك الـذين تواضعـوا عليها أن يطبقـوها بصـورة مختلفة على المستـويين الفردي والجماعي. وإذا اختلف عـالمان على سبيل المثال بشأن الخصـوبة النسبية لنظريتيهما، أو إذا اتفقا على هـذا واختلفا بشأن الأهمية النسبيـة لخصوبـة النظريتين، كما اختلفـا، كمثال أيضـا، بشأن المدى الذي ينتهي عنـده الاختيار، فإن أيـا منهما لا يتهم بالـوقوع في الخطأ. كما لا يمكن القـول أيضا أن أيـا منهما قد خـرج على حدود العلم. فليـس ثمة حسـاب محايد يجرى على هدية اختيار النظرية، ولا يوجد إجراء منهجي لاتخاذ القرار بحيث إذا ما طبق تطبيقا صحيحا يقود بالضرورة كل فرد من أفـراد الجماعة إلى قرار واحد. وحسب هذا المعنى تصبح جماعة البـاحثين الاخصائيين وليس أعضاؤهـا كأفراد، هي التى تتخـذ القرار الفعال. وحتى نفهم لماذا يتطور العلم على النحو الذي هو عليه، ليس من الضروري الكشف عن تفـاصيل السيرة الـذاتية والشخصيـة اللتين وراء كل فـرد ويقودانـه إلى اختيار بذاته وإن كان هـذا موضوعا له سحره وجاذبيته الشـديدتان. ولكن ما يتعين على المرء أن يفهمـه هـو الطـريقـة التى تتفـاعل بها مجمـوعـة محددة من القيم

المشتركـة مع خبرات محددة يشترك فيها أعضـاء جماعـة من الباحثين على نحـو يجعل غالبية أعضاء الجماعة يهتدون في النهاية إلى مجموعة من الحجج يرونها أكثر حسما دون غيرها.

هـذه العمليـة هي الحث في سبيل الاقناع، وإن كـانت تطـرح مشكلـة أعمق. فالباحثان اللذان يدركان موقفا واحدا إدراكا مختلفا ولكنهما مع هذا يستخدمان ذات المفردات اللغوية في حوارهما لا بد أنهما يستخـدمان الكلمات استخداما متباينا. إنهما يتحـادثان انطـلاقـا ممـا سميته وجهتى نظـر لا قيـاسيتين حيث لا سبيل لأن نقيس إحداهما على الأخرى. إذن كيف لهما أن يأملا في التفـاهم معا، ناهيك عن أن يكون الحديث مقنعـا؟ إن الإجابـة على هـذا السؤال، حتـي وإن كانت إجـابـة تمهيديـة، تقتضى مزيـدا من تحديد طبيعة المشكلـة. وأعتقد انها تأخـذ، ولو جزئيـا، الصورة التالية.

تعتمد ممارسة العلم القياسي على القدرة المكتسبة من الأمثلة النموذجية لتصنيف الموضوعات والحالات في فئات متماثلة حيث يكون التصنيف أوليا بمعني أنه يتم دون إجابة على السؤال التالي: «مماثلـة لماذا؟» إن أحد الجوانب الرئيسية لأي ثورة هي تغير عـلاقات التماثل. فـالموضوعـات التي سبق تصنيفهـا في ذات الفئة يجرى تصنيفهـا ضمن فئات مغـايرة بعـد ذلك، والعكس بالعكس. ولنتأمل معـا تصنيف الشمس والقمـر والمشترى والأرض قبل كوبـرنيكـوس وبعده، ولنتـأمل كذلك السقـوط الحر وحركـة البندول وحركـات الكواكب قبل جاليليـو وبعده أو لنتأمل موضـوع الأملاح والأخـلاط المعدنيـة وخليط برادة الحديـد والكبريت قبل دالتـون وبعده. ونظـرا لأن غالبية الموضوعات، حتى الموجـود منها داخل الفئات التي تغيرت، يستمر تصنيفها مع بعضها لـذا تحتفظ هذه الفئـات بأسمائها عـادة. ومع هذا فإن انتقـال فئة فـردية يمثل عادة جانبـا من تغير حاسم في شبكة العلاقات المتـداخلة بعضها في بعض. مثال ذلك أن نقل المعـادن من فئة المركبات إلى فئـة العناصر كان له دور جـوهرى في ظهور نظريـة جديدة عن الاحتراق والحامضية والاتحاد الفيـزيائي والكيميائي. ومن ثم لا غرابة بعد أن تجري عمليات إعادة التـوزيع هذه على نحو جديد أن نجد اثنين

من العلماء كانا في السابق متفاهمين تماما في حـديثهما، كما يبدو من ظاهر الأمور، ثم يكتشفان فجأة إنهما يستجيبـان إلى منبه واحد بأوصاف وتعميمات متضـاربة. وقد لا تظهر هذه المشكـلات واضحة محسوسة في جميع مجالات محادثـاتهما العلمية، ولكنها سوف تبرز وتثار وتتبللر بصـورة أشد كثافة حول الظواهر التى يتـوقف عليها بخاصة اختيار النظرية.

وهذه المشكلات، وإن بدت أول الأمر من خلال الاتصال، إلا أنها ليست مجرد مشكلات لغوية، ولا سبيل إلى حلها فقط عن طـريق تحديد تعريفات المصطلحات المختلف عليها. إذ نظرا لأن الكلمات التي هي محور وركيـزة المشكلات سبق تعلمها من ناحية عن طريق التطبيق المباشر للأمثلة النموذجية، فإن الطرفين المتحاورين وقد انقطع الاتصـال بينهما لا يمكن لأحــدهما القـول «أني أستخـدم كلمـة« عنصر (أو «مزيج» أو «كوكب» أو «حـركة طليقة») على النحو الذي تحدده المعـايير التالية. أي أنهما لا يستطيعان الاستعانـة بلغة محايدة يستخدمهـا كل منهما بنفس الطريقة وتعتبر لغة كـافية لبيـان كل من النظـريتين، أو حتى لعرض النتـائج التجريبيـة لنظرتيهما. والجدير بالذكر أن جانبا من الخلاف سابق على استخدام وسائل التعبير التي تعكس هذا الخلاف على الرغم من ذلك.

ولكن الباحثين اللذين يواجهان هذا الانقطاع في الاتصال الفكري لا بد أن يجدا ما يستعينان به. فالمنبهات التي تؤثر عليهما واحدة. وكذلك الحال بالنسبة لجهازيهما العصبيين بعامـة، وإن اختلفت برمجة كل منهما. زد على ذلـك، أن البرمجة العصبية لجهازيهما العصبيين لابد أن تكـون شديدة التقارب، إلا فيما يختص بمسـاحة ضئيلة من الخبرة، وإن كانت هامة للغاية، إذ يجمعهما تاريخ مشترك باستثناء الفترة الماضية القريبة جـدا. ونتيجة لذلك فإنهما في حياتهما اليوميـة وفي القطاع الأكبر من حياتيهما العلمية يعيشان في عالم واحد ويستخدمـان لغة واحدة. ونظرا لأنهما يشتركان معا في هذا القـدر الكبير فسوف يستطيعان بـالضرورة اكتشاف أسباب اختـلافهما. بيد أن الوسائل التقنية الـلازمة لذلك ليست بالوسائل المبـاشرة البسيطة ولا المستساغة، كما وأنها ليست من عنـاصر ترسـانـة العلماء المألوفـة. إذ نادرا مـا يعترف بها العلماء كما

هي، ونـادرا مـا يستخـدمـونها لفترة أطـول من الـلازم لإثـارة الحوار أو لـلاقتنـاع باستحالته.

الأمر بإيجاز، أن ما يمكن أن يفعله متحاوران انقطع الاتصال بينهما هو الاعتراف بأن كلا منهما عضو في جماعة لغتها مختلفة عن لغة الجماعة الأخرى، ومن ثم يتحولان إلى مترجمين[١٧]. وإذا أخذ المتحاوران كمـوضوع للدراسة الفـوارق الماثلة في لغة الخطـاب بين جماعتيهما وداخل جماعتيهما فإن بـوسعهما بـدايـة محاولـة اكتشـاف المصطلحـات والتعبيرات التي يجري استعمالهما داخل كل جماعـة دون أن تكون مثـار إشكـاليـات، ولكنهـا مع ذلـك تمثل محور المشكـلات في الخطـاب المتبـادل بين الجماعتين. (والتعبيرات التي لا تمثل مشكلة في هذا الصدد يمكن ترجمتها على أساس تماثل المنطـوق الصوفي) وبعـد أن يتم لهما عـزل المناطق الاشكـاليـة في لغة الاتصـال العلمي بينهما يمكنهما الاستعانة بمفـردات لغة الحياة اليوميـة المشتركة بينهما في محاولة جديدة لتوضيح مشكلاتهما. إذ يمكن لكل منهما أن يحاول اكتشاف ما قد يراه ويقوله الآخر عندمـا يعرض له منبه تختلط إزاءه استجـابته هو اللفظية. وإذا مـا أمسكا عن تفسير ظاهرة سلوكيـة شاذة باعتبارها نتيجة غلطـة أو جنون فإن هذا يعني أنهما، إن آجلا أم عـاجلا، سيصبحان معـا في أحسن الحالات التي يمكن فيها لكل منهما أن يتنبأ بسلوك الآخر. وسيكـون قد تعلم كل منهما أن يترجم نظرية الآخـر ونتائجها إلى لغته هو، وأن يصف في ذات الوقت بلغته العالم الـذي تصدق عليه هذه النظرية هذا هو ما يفعله عادة (أو ما ينبغي أن يفعله) مـؤرخ العلم عند معالجته لنظريات علمية فات أوانها.

ونظراً لأن الترجمة، إذا ما أضحت ديناً ونهجـاً، تتيح لأطراف الحوار، وقد انقطع

---

(١٧) المرجع الكلاسيكي منذ زمان طويل للجوانب المتعلقة بالترجمة هو كتاب W.V.O-Quine, Word and Object (Cambridge, Mass, and New York, 1960), Chaps. I and II. ويفترض كواين شخصين يتلقيان منبهـا واحدا. ومن ثم لابد وأن يتولد لـديهما إحساس واحد، وبالتـالي لا يكون بينهما الكثير مما يقـال عن المدى الذي يتعين أن يبلغه مترجم ليكـون قادرا على وصف العالم الذي تشير إليه اللغة المترجم عنها. وعن هذه النقطة الأخيرة انظر: E.A. Nida, "Linguistics and Ethnology in Translation Problems," in Del Hymes (ed.), Language and Culture in Society (New York, 1964), pp. 90-97.

الاتصـال بينهما، أن يدرك كل منهما بـالنيابـة شيئـا عن مناقب ومثـالب وجهة نظـر الطـرف الآخر، إذن فهي أداة مثمـرة وفعالـة في كل من الاقناع والحوار على السـوء. وليس بالضرورة أن يبلغ الاقناع غايتـه، وإذا حدث ونجح فليس بالضرورة أن يقترن بالتحول إلى المعتقد الآخر. فالخبرتان ليستا متطابقتين، وهذا تمايز له شأن هام لم أتبينه على نحو كامل إلا مؤخرا فقط.

وعندي إن حث شخص مـا على التخلي عن وجهة نظره يعني اقتناعـه بأن وجهة النظـر الأخـرى التي أدعـوه إليهـا أسمى وأقـوى، ومن ثـم حـري بها أن تحل محل عقيدته. وكثيرا مـا يتحقق هذا دون الاستعانة بأي شيء آخـر مثل الترجمة. وفي حالة افتقادهـا نجد الكثير من التفسيرات وصيـاغة المشكـلات التي يؤيـدها أبنـاء جماعة علمية بـذاتها غائمة ومبهمة في عيني الطـرف الآخر. غير أن كل جماعة صاحبـة لغة متميـزة تستطيع عـادة أن تقـدم منـذ البـداية قليـلا من النتـائج الـواقعيـة المحـددة للبحوث. وإذا كانت هذه النتائج من الممكن عرضها في جمل مفهومة بنفس الطريقة لدى الجماعتين إلا أنه يتعذر على الجماعة الأخـرى تفسيرها بلغتها هي الخاصة. وإذا قـدر لوجهـة النظر الجديـدة أن تستمر لفترة مـن الزمن وتظل خصبـة مثمرة خـلال ذلك، فإن نتـائج البحـوث التـي يمكن التعبير عنهـا بهذه اللغـة سـوف تنمـو على الأرجح وتزداد عـددا. ومثل هذه النتائج كفيلـة وحدها بأن تكـون حاسمة بـالنسبة لبعض البـاحثين. إذ يمكن لهم أن يقـولـوا: لست أدري كيف ينجح دعـاة النظـرة الجديدة، ولكن عليّ أن أتعلم. وأيـا كان ما يفعلونه إلا أنـه واضح الصواب. ولكن رد فعل كهذا يأتي سهلا بـوجه خاص من جانب باحثين حديثي العهـد بالمهنة، إذ لم تترسخ فيهم بعد الالتزامات والمفردات اللغوية الخاصة بأي من الفريقين.

بيـد أن الحجج التي يسهل عرضهـا والتعبير عنها بـاللغة التي تستخـدمها كـلا الجماعتين بطريقة واحدة ليست عادة حججا حاسمة. أو أنها تكون كذلك على أقل تقدير حتى مرحلـة متأخرة جدا من تطور وجهات النظر المتعارضة. وجـدير بالذكر أن قليلين من بين أولئك الذين دخلوا رحاب المهنة العلمية هم الذين يمكن إقناعهم دون اللجـوء إلى مقارنـات مستفيضة تيسرهـا الترجمة. وعلى الرغم من أن الثمن هنـا

غالبا ما يكون جملا طويلة جدا ومعقدة للغاية (ولنتذكر هنا الحوار بين بروست وبرتوليت الذي دار بينهما دون استخدام مصطلح عنصر) إلا أن الكثير من النتائج الجديدة للبحوث يمكن ترجمتها من لغة جماعة بحث إلى لغة جماعة أخرى. ومع اطراد عملية الترجمة أكثر فأكثر يبدأ أيضا بعض أعضاء كل الجماعتين، وقد وضع كل نفسه محل الآخر، في فهم كيف أن عبارة ما بدت حتى عهد قريب غامضة مبهمة وإذا بها في صورة التفسير والتوضيح لأعضاء الفريق المعارض. وطبيعي أن توفر تقنيات من هذا النوع لا يكفل الإقناع. فالترجمة في نظر أكثر الناس عملية محفوفة بالمخاطر، وغريبة تماما على العلم القياسي. والحجج المقابلة دائما وفي جميع الأحوال ميسورة، ولا توجد قواعد تحدد كيف يحسم الميزان لأحد الطرفين. ولكن مع الحجج وتراكمها الواحدة إثر الأخرى، ومع النجاح في مجابهة التحدي وراء الآخر، هنا فقط وبعد أن بلغ الشوط مداه يصبح استمرار المقاومة عنادا أعمى.

في هذه الحال يبرز مجال آخر للترجمة مألوف منذ زمن طويل لدى كل من المؤرخين وعلماء اللغة، ويصبح هاماً بصورة حاسمة. إن ترجمة نظرية ما أو رؤية للعالم إلى لغة جماعة لا يعني أنها أضحت بذلك نظريتها هي أو رؤيتها هي إلى العالم. إذ لكي تكون كذلك يتعين استخدام اللغة وكأنها اللغة الأم أي وكأنها لغة المرء القومية، ويتكشف ما كان يفكر فيه أو يعمله ذلك المرء بتلك اللغة التي كانت قبل حين لغة أجنبية غريبة عليه دون أن يقتصر الأمر على مجرد استخراج ذلك فحسب عن طريق الترجمة. بيد أن هذه النقلة ليست بالشيء الذي يمكن للمرء أن يقدم عليه أو أن يحجم عن أدائه بناء على روية وتدبر واختيار مهما كانت أسبابه التي تحدو به إلى ذلك أسبابا قوية ومقنعة. ولكن على العكس فعند نقطة على مسار عملية فهم الترجمة، يتبين أن النقلة قد حدثت، وأنه انزلق إلى استخدام اللغة الجديدة دون اتخاذ قرار واعٍ بذلك. أو أن يحدث شيء آخر مثلما حدث مع كثيرين ممن جابهوا لأول مرة على سبيل المثال النظرية النسبية أو ميكانيكا الكم وهم لا يزالون في منتصف الطريق، إذ يجد الباحث نفسه مقتنعا تماما بالنظرة الجديدة ولكنه عاجز، على الرغم من ذلك، عن هضمها لتصبح جزءا من ذاته ويألف العالم على الصورة

التي حددتها هذه النظرة له. إن هذا الرجل قد حدد اختياره على المستوى الفكري، غير أن التحول اللازم يفلت منه او يراوغه في الواقع العملي. إنه قادر على استعمال النظرية الجديدة على الرغم من ذلك، ولكنه يفعل ذلك كغريب في بيئة غريبة عليه، وهي مجرد إمكانية ميسورة له فحسب نظرا لأن أهل هذه البيئة موجودون هناك. ومن ثم يصبح عمله طفيليا أو عالة على عملهم، إذ يعوزه جماع العادات الذهنية التي سوف يكتسبها أعضاء جماعة البحث الجدد من خلال التعلم.

لهذا كله فإن خبرة تحول الاعتقاد التي شبهتها بتحول زاوية الرؤية في نظرية الصيغة الكلية أو الجشطلت تحتل مكان القلب في العملية الثورية. وأن الأسباب القوية التي تبرر الاختيار تشكل الدافع إلى التحول، كما تمثل المناخ الذي يرجح حدوثه. علاوة على هذا فإن الترجمة قد تهييء المنافذ لإعادة البرمجة العصبية التي تشكل، مهما بدت غامضة الآن، أساسا لهذا التحول. ولكن ليست الأسباب القوية المقنعة، ولا الترجمة تؤلف عملية التحول. وهذه هي العملية التي يتعين توضيحها حتى نفهم أسلوبا أساسيا في التحول العلمي.

٦ ـ الثورات والنزعة النسبية

إحدى نتائج الموقف الذي فرغت توا من تحديد معالمه أنه أثار ضيقا شديدا لدى عدد ممن انتقدوني[١٨] إذ رأوا أن وجهة نظري نسبية، خاصة في صورتها المعروضة في الفصل الأخير من كتابي. ولعل ملاحظاتي بشأن الترجمة تلقي ضوءا على أسباب هذا الاتهام. إن دعاة النظريات المختلفة مثلهم كمثل أعضاء الجماعات ذات الثقافات اللغوية المتباينة. وأن التسليم بهذا التناظر يوحي بأن كلا من الجماعتين يمكن أن يكون بمعنى من المعاني على صواب، وهذا الموقف إذا ما طبقناه على الثقافة وتطورها يكون موقفا ملتزما بنزعة نسبية.

ولكن إذا طبقناه على العلم فقد لا يكون كذلك، وهو في جميع الأحوال أبعد

(١٨) Shapere, “Structure of Scientific Revolutions,” and Popper in “Growth of Knowledge”.

مايكـون عن النزعـة النسبية في صـورتها الساذجـة المجردة من زاويـة أخفق النقاد في تبيانها. لقد أكـدت أن الباحثين الممارسين للعلوم المتطورة إذا ما نظـرنا إليهم كجماعة أو كجماعات هم في الأسـاس حلالو ألغاز. وعلى الـرغم من أن القيم التي يستعينون بها في أوقات اختيـار النظرية مستمـدة من جوانب أخـرى لعملهم ومتأثرة بها إلا أن القدرة الواضحـة لهذه النظرية على تحديد وحل الألغاز التي تطـرحها عليهم الطبيعة تكـون في حالـة الصراع القيمي هي المعيـار الغـالب في نظر أكثـريـة أعضاء جماعـة البحث العلمي. وتـؤكد التجـربة أن القـدرة على حل الألغاز، شأنها شأن أي قيمـة أخرى، تبدو غامضة ملتبسة عند التطبيق العملي. فأي باحثين يشتركان معا فيها قد يختلفان على الرغم من ذلك في أحكامهما التي يستمدانها منها في الاستخدام العملي. بيد أن سلـوك إحدى جماعات البحث الـذي يهيء لها التفوق سوف يختلف اختـلافا بينا عن سلـوك جماعة بحث أخـرى ليس لها هذا التفوق. وأعتقـد أن القيمة الكبرى التي أوليها للقدرة على حل الألغاز في العلم تحقق النتائج التالية.

لنتخيل شجرة تمثل سلسلـة تطور ونمو التخصصات العلمية الحديثـة ابتداء من أصولها المشتركة، ولتكـن الفلسفة الطبيعية التأملية البدائيـة والحرف. ولنتخيل أيضا أننا رسمنـا خطا صاعـدا من أسفل الشجرة إلى أعلاها دون أن يـرتد ثانيـة، بادئا من الجذع إلى الطرف الأعلى لأحد الفروع، فإنه سـوف يصل بين النظريات المتعاقبة التي تتابعت الواحـدة تلو الأخرى. ولنتأمل أي نظريتين من هذه النظريـات نختارها من مـوضعين غير قـريبين جدا مـن منبتيهما، سنجد أن من اليسير علينـا وضع قـائمـة بالمعايير التي تمكن أي مشاهد محايد من أن يميز النظرية الأقدم عن النظرية الأحدث حسب التتابع الـزمني. وسوف يتبين لنا أن من أكثـر الأمور فائدة هنا: دقـة التنبؤ، خـاصة التنبـؤ الكمي، و التوازن بين الموضـوعات المتخصصـة وموضـوعات الحيـاة اليومية العـادية، وعدد المشكلات المختلفة التي تم حلهـا. وسوف نجد من القيم: البسـاطة وسعـة الفهم والتجانس مع التخصصـات الأخرى، وهي وإن كـانت أقل فائدة لما نحن بصـدده إلا أنها محددات هامة للحياة العلميـة. ولا ريب عندي في أن هـذه القوائم ليست هي كل مـاهو مطلـوب وإنما يمكن استكمالها، وإذا أمكن ذلك

فإن التقدم العلمي يصبح مثله مثل التقدم البيولوجي عملية أحادية الاتجاه لا يمكن عكسها. فالنظريات العلمية المتأخرة تكون أفضل من النظريات القديمة من حيث حل الألغاز في غالبية البيئات المختلفة التي يجري تطبيقها فيها. ومثل هذا الرأي لا يرتكز على نزعة نسبية، كما أنه يحدد بأي معنى أومن إيمانا راسخا بالتقدم العلمي.

وإذا قارنا هذا الاتجاه بمفهوم التقدم الشائع بين فلاسفة العلم وبين العامة، سنجد أنه يفتقر إلى عنصر جوهري. فهناك عادة شعور بأن أي نظرية علمية تكون أفضل من سابقتها لا من حيث أنها أداة أفضل للاكتشاف وحل الألغاز، بل وأيضا لأنها بشكل ما تعبير أفضل عن حقيقة الطبيعة في واقعها. وكثيرا ما يسمع المرء أن النظريات المتعاقبة تتقارب أكثر فأكثر من الحقيقة أو أنها تعطى أحكاما تقريبية يتزايد صدقها ودقتها بإطراد لتطابق الحقيقة. وواضح أن تعميمات كهذه لا علاقة لها بمسألة حل الألغاز ولا التنبؤات المحددة المستمدة من إحدى النظريات، بل تنصب على مبحث وجودها «الأنطولوجيا» أي المطابقة بين الكيانات التي تملأ بها النظرية الطبيعية وبين ما هو «هناك واقعيا».

وربما يكون هناك سبيل أخرى لإنقاذ مفهوم «الحقيقة» لتطبيقه على نظريات كاملة، غير أن هذه الطريقة غير ملائمة. ويبدو لى أنه لا توجد أي إمكانية مستقلة عن النظرية نصوغ على أساسها من جديد عبارات مثل «هذا ما هو موجود حقيقة»، كما يبدو لي الآن أن مفهوم التطابق بين أنطولوجيا نظرية ما وبين مقابلها «الواقعي» في الطبيعة هو وهم في أساسه. بيد أننى كمؤرخ أجدني متأثر بما تتسم به هذه النظرة من عدم قابلية للتصديق. ولا ريب عندي، على سبيل المثال، في أن ميكانيكا نيوتن أفضل من ميكانيكا أرسطو، وميكانيكا أينشتين أفضل من ميكانيكا نيوتن كأدوات لحل الألغاز. بيد أنني لا أستطيع أن أتبين في تعاقبها اتجاها منسقا للتطور الانطولوجي بل على العكس يبدو لي أن النظرية العامة للنسبية عند أينشتين هي أقرب من نواح هامة، وليس في جميعها على الإطلاق، من نظرية أرسطو على عكس أي منهما في علاقتها بنظرية نيوتن. إننى أفهم الأسباب الداعية إلى وصف هذا

الموقف بأنه مبنى على نزعة نسبية، إلا أننى أعتقد أنه وصف خاطىء. وعلى العكس فإذا كان هذا الموقف نـابعا عن نظرة نسبية فإننى لا أرى أي شيء يفتقـر إليه صاحب النزعة النسبية لكي يفسر طبيعة العلوم وتطورها.

طبيعة العلم:

أختتم حديثى هنـا بدراسة مـوجزة عن استجـابتين تواترتـا بشأن كتابي الأصلى، الاستجابـة الأولى تنتقدنى، والثانيـة تؤيدنى، وكلتـاهما، فيها أعتقد، ليستا صـوابا تمامـا. وعلى الرغم مـن أن الاثنتين لا علاقـة لهما بما قلتـه حتى الآن. ولا علاقـة لهما ببعضهما بعضا، إلا أنهما معا تواترتا على نحو كاف يوجب على الأقل الرد.

إن عـددا قليـلا ممن طـالعـوا كتـابي الأصلى أشـاروا إلى أنني كثيرا مـا أتنقل بين الأسلوب الوصفى وبين الأسلوب المعيارى في الحديث، فالتزم هذا حينا ثم أعود إلى ذاك حينا آخر وهكذا مرات عديدة. ونجـد هذا التنقل واضحا تماما في فقرات بذاتها تبدأ عادة بعبارة «بيد أن هذا ليس هو ديدن العلماء» واختتمها قائلا إن العلماء حَرِيٌّ بهم ألا يفعلوا ذلك. ويـزعم بعض النقاد أننى أخلط بين الوصف وبين التـوصية أو التوجيه وبـذا انتهك مبدأ فلسفيا مشهودا به على مر الـزمن يقول: «يكون» لا تعنى أبدا «ينبغي»[١٩].

لقد تحول هـذا المبدأ في التطبيـق العملي إلى قول مبتذل، ولم يعـد يحظى بمكـانته التاريخية في أي مكان الآن. وكشف عدد من الفلاسفة المعاصرين عن سياقات ذات شأن كبير يمتزج فيها المعيارى مع الـوصفي امتزاجا لا انفصام له[٢٠]. أن كلمتـى «يكون» و«ينبغى» ليستا بأي حال من الأحوال منفصلتين دائما وأبدا عن بعضهما على نحـو ما بـدا لبعض الناس. غير أننـا لسنا بحـاجة إلى الاستعـانة بـدقائق الفلسفـة اللغـويـة المعاصرة بغيـة بيـان وتـوضيح مـا ظنه البعض خلطـا فيما ذهبت إليـه. إن الصفحـات السـابقـة تعرض وجهـة نظـر أو نظـريـة عن طبيعـة العلم. وطبعى أن النظرية، شأنها شأن فلسفات العلم الأخـرى، لها نتائج فيما يختص بالأسلوب الذي

(١٩) للاطلاع على مثال واحد من كثير انظر مقال فايرابند Feyerabend في «نمو المعرفة».

(٢٠) Stanley Cavel, "Must we mean what we say?" (New York, 1969), Chap i.

ينبغى على العلماء أن ينحوه إذا ما شاؤوا المشروعهم النجاح. وإذا لم تكن بالضرورة صوابا تماما، على نحو تفضل به أي نظرية أخرى، إلا أنها تشكل أساسا منطقيا لكلمات لا تفتأ تتكرر للدلالة على «ما يجب» و «ما ينبغي». وبالمقابل نجد أن من بين الأسباب التى تبرر أخذ النظرية مأخذا جادا أن العلماء، وقد جرى تطوير وانتقاء مناهجهم وصولا إلى النجاح، إنما سيكون في واقع الأمر وكأن النظرية توصيهم بما ينبغي. وإن المبادىء العامة الوصفية التي سقتها إنما هي برهان لصالح النظرية ذلك لأن بالإمكان تحديدا أن نستخصلها منها، بينما نجد الآراء الأخرى عن طبيعة العلم تؤلف مظاهر سلوكية شاذة.

وأعتقد أن الدوران الذي تتصف به هذه الحجة ليس دورانا خبيثا. فالنتائج المترتبة على وجهة النظر التى ناقشناها لم تستنفذها المشاهدات التي بنيت عليها في البداية. بل لقد أتيح لي، وقبل صدور هذا الكتاب لأول مرة، أن أتحقق من أن بعض عناصر النظرية تمثل أداة نافعة لاكتشاف السلوك والتطور العلميين. وأن مقارنة هذه الحاشية بصفحات النسخة الأصلية الأولى من الكتاب قد تفيد بأنها لا تزال فعالة تؤدي دورها ولا ريب في أن وجهة النظر الدورانية فقط بكل معنى الكلمة لا يمكن أن تكون وجهة نظر هادية على هذا النحو.

وردي على الاستجابة الثانية على هذا الكتاب سيكون بالضرورة من نوع آخر. فإن عددا ممن سرهم كتابي إنما أحسوا بذلك لأنهم رأوا أن بالإمكان تطبيق أطروحاته الأساسية على كثير من مجالات البحث الأخرى وليس لأنها تلقي ضوءا يوضح تطور العلم. وأنا أفهم بغيتهم، ولا أحب أن أثبط محاولاتهم الرامية إلى توسيع نطاق تطبيق فكرتى، غير أن استجابتهم على الرغم من ذلك حيرتني. إن الكتاب يصور التطور العلمى في صورة مراحل متعاقبة مبنية على التقليد وموسومة بفواصل غير تراكمية، وإطروحاته في حدود هذه النطاق قابلة ولا ريب للتطبيق على مدى واسع. ويجب أن نستخدمها على هذا النحو نظرا لأنها مستمدة من مجالات بحث عديدة أخرى. وها هم مؤرخو الأدب والموسيقي والفنون والتطور السياسي وكثير من الأنشطة الإنسانية الأخرى قد ساروا على نفس النسق منذ زمان طويل فى عرض تاريخ موضوعاتهم.

ولقد كـانت إحدى أدوات بحثهم المعيارية تقسيم التاريخ إلى مراحل تفصل بينها فـوارق ثورية من حيث الأسلوب والـذوق والبنيـة المؤسسية. وإذا كـان لي حظ من الأصالة في استخـدام مثل هذه المفاهيم فهو في أنني عمدت أسـاسا إلى تطبيقها على مجال العلوم الطبيعية، وهي مجالات كان الشائع مـن قبل أنها تتطور على نحو مغاير. ولعل مفهوم النموذج الإرشـادى كإنجاز محدد، أو كمثال نموذجى إنما يعـد إسهاما في المرتبة الثانية. وأخال على سبيل المثال أن بعض المشكلات الذائعة المتعلقة بمفهوم الأسلوب في الفنون يمكن أن تتوارى وتختفى إذا ما تسنـى لنا أن ننظر إلى فنون الرسم وقد صيغت على غـرار بعضها بعضـا وليست نتاجا صيغ اتسـاقا مع بعض القـواعد والمعايير التجريدية التي تنظم الأسلوب[٢١].

غير أن هذا الكتـاب استهدف أيضا إبراز فكـرة من نوع آخر كانت أقل وضـوحا لدى كثيرين من قرائه. إذ على الرغم من أن التطور في المجال العلمى قد يكون أكثر شبها، مما كان يظن عادة، تطور في مجالات أخرى إلا أنه أيضا مغاير لها بصورة لافتة للنظر. فليس من الخطـأ الكبير، على سبيل المثال، أن نقول أن العلـوم بعد مـرحلة معينة من تطورهـا على الأقل تتقدم على نحو غير مطابق لتقدم المجـالات الأخرى أيا كان المقصـود بالتقدم ذاتـه. ولقد كان أحـد الأهداف التي يرمى إليهـا الكتاب هي دراسة وتحديد هذه الفوارق، والشروع في تفسيرها.

ولنتأمل على سبيـل المثـال ذلك الجانـب الـذي عمـدت إلى تأكيـده مـرارا في الصفحـات السابقـة بشأن غياب، أو كما أوثـر أن أقـول الآن، بشأن الندرة النسبيـة للمدارس المتنـافسة في العلوم المتقـدمة. ولنتذكـر معا ملاحظـاتي عن أن أعضاء أي جماعـة علمية محددة يـؤلفون معـا، إلى حد كبير كل الحضـور وكل الحكام المتـابعين للنشـاط العلمي لهذه الجماعـة. أو لنتـدبـر أيضا الطبيعـة الخاصـة المميـزة للتربيـة العلمية، وحل الألغاز كهدف منشـود، ونسق القيم الذي تستعين به جماعة البحث العلمي في فترات الأزمة واتخاذ القرار. ويبرز الكتاب قسمات أخرى من نفس النوع،

(٢١) للاطلاع على هذه الفكرة وعلى مزيد من الدراسة التفصيلية لما هو خاص بالعلوم الطبيعية انظر: T. S. Kuhn, "Comment on the Relations of Science and Art," Comparative Studies in Philosophy and History, XII (1969), 403-12.

ليست قاصرة على العلم وحده بالضرورة ولكنها في جملتها تمايز هذا النشاط عن سواه.

وهناك الكثير جدا من هذه الخصائص المميزة للعلم وهي بحاجة إلى أن نتوفر على دراستها. وحيث أننا استهللنا هذه الحاشية بالتأكيد على الحاجة إلى دراسة بنية المجتمعات العلمية، فسوف أختمها بالتأكيد على حاجتنا إلى دراسة مماثلة، وأن تكون دراسة مقارنة بوجه خاص، لجماعات البحث المناظرة في مجالات العلوم الأخرى. إذ كيف يختار الباحث جماعة ما؟ وكيف يتم اختيارة لعضوية هذه الجماعة بذاتها سواء أكانت جماعة بحث علمي أم غير ذلك؟ وما هي عملية ومراحل التنشئة الاجتماعية للملاءمة مع هذه الجماعة؟ وما هى الأهداف التي تراها الجماعة ككل أهدافا لها؟ وما هي درجة الانحرافات، الفردية والجمعية التى تسمح بها؟ وكيف تراقب الشذوذ أو الانحراف غير المسموح به؟ إن فهم العلم على نحو أفضل وأكمل رهن بالإجابة أيضا على أنواع أخرى من الأسئلة، ولا أظن أن هناك مجالا غير هذا في أمس الحاجة إلى بذل المزيد من الجهد. إن المعرفة العلمية مثلها كمثل اللغة، خاصية أصيلة مشتركة بين أعضاء الجماعة، وبدون ذلك لن تكون شيئا على الإطلاق. ولكي نفهمها سيكون لزاما علينا أن نعرف الخصائص المميزة للجماعات العلمية التي تبتدعها وتفيد منها في التطبيق العملي.



ثبت بأسماء الأعلام

التصدير

١ ـ بياجيه، جان (١٨٩٦ ـ ١٩٨٠) Piaget; Jean

عالم نفسي وفيلسوف وعالم منطق. ولـد في سويسرا. أفاد بمعطيات تجريبية وفيرة وخصبة لـوضع نظريته في الثلاثينـات والأربعينات عن تكون الذهن، وهي النظـرية التي تفسر الـذهن بـاعتبـاره نسقـا من العمليـات أي الأفعـال البـاطنيـة للـذات، والمستمـدة من التأثيرات الخارجيـة للموضـوع بحيث تصـوغ وحـدة بنائيـة معينـة. واستخدم بياجيـه المنطق الرياضي كجهاز منطقي لـوصف عمليات العقل. ويرجع إلى بياجيه الفضل في تطوير علم النفس التجريبـى: إذ أنه في عدد من مؤلفاته حلل الميكانيـزمات التي تكـون الوظـائف النفسية الأسـاسية خـاصة تلك الـوظائف التي تشكل المـفاهيم والمبـاديء الأسـاسيـة للفكر البشرى. وعـرض بيـاجيـه أفـكاره الـنفسية والمنطقيـة في مذهبـه «نظريـة المعرفـة النشوئيـة التكوينيـة Genetic Epis-temology». ومـذهبه هـذا هو تصـور معـرفى نظرى قـائم على أساس نهج نقـدى تاريخي في تحليل المعرفـة. ويرى بياجيه أن نمو معـرفة الذات عن موضـوع ما يجعلها أكثر فأكثـر ثباتا وأكثر فـأكثر تجانسا واستقرارا في الظـروف المتغيرة للخبرة. ويرى أن هذا الثبات للمعرفة انعكاس للموضوع ذاتـه ولخصائصه وللنشاط المعرفى للإنسان. وصاغ بيـاجيه في السنـوات الأخيرة من حياته العلميـة مشكلات عن نظـرية المعـرفة النشوئيـة التكوينيـة في ضوء المشكـلات الحيويـة للمنطق وعلم النفس والبيولـوجيا واللغة والسيبرنـاطيقا «علم التحكم الآلي». ويتبع بيـاجيه نهجا بنيـويا فى نظـرته إلى المعرفـة وهو ذات النهج الـذى أفاد به تـوماس كون مـؤلف الكتاب الـذى بين يدى القاريء والتزم فيه بالنتائج التى توصل إليها بياحيه فى أبحاثه.

الفصل الاول

١ ـ ارسطو Aristotle

فيلسوف يـوناني ولد فى خـالقيديا بـاليونان القـديمة عام ٣٨٤ ق. م وتـوفى عام ٣٢٢ ق. م. أعظم علماء العصر القديم. تمثـل أعماله استقصاء مـوسوعيـا وتصنيفا شاملا لمعارف عصره. لقبه فلاسفة العرب بالمعلم الأول إذ كان معلما صاحب مدرسة عرفت باسم «اللوقيون» وتسمى أيضا «مدرسة المشائين»، وهو أيضا معلم الإسكندر الأكبر المقدونى. عنى بتلقين تلامذته عنـاصر المعرفة ومنهج المعرفة فى العلوم الآداب والفنون والفلسفة. وهو مؤسس المنطق القياسى وأصبح علما على يديه. ويرجع إليه الفضل فى أنه أول من أرسى القواعـد الفلسفية للعلوم. وفى مذهبـه، كما كان سائدا قديما، الفلسفـة والعلم مبحث معرفى واحـد. وحدد مصطلحات المعـارف العلمية التى ظلت سائدة على مدى ثمانية عشر قرنا تقريبا.

درس أرسطو على يد فيلسـوف الإغريق المثالى أفـلاطون. ويعتبر أرسطو فى مجال الرياضيات أول من لفت الأنظار إلى التمايـز بين البدهية وبين المسلمة، وبذلك مهد السبيل أمـام إقليدس وأرشميـدس. وتناول مسـألة الـلانهاية والاتصـال. وفى مجال الميكانيكـا صاغ أرسطـو قانون الـرافعة وفهم متـوازى السرعان Parallelogram Of Velocities وأوضح أن سرعـة الجسم تتنـاسب تناسبـا طـرديـا مع القـوة الدافعـة، وتتناسـب تناسبـا عكسيا مع المقـاومة. وقـال بوجـود أربعة عنـاصر قابلـة للتحول بعضها إلى البعض وتتكون منها الأرض الكروية التى هى مركز الكون، وكل ما يحيط بها. وتضمنت تعـاليمـه أن هذه الأجسـام الأوليـة تنـزع بطبيعتها إلى الحركـة فى اتجاه مواضعهـا المخصصةلها، وهى فى حركتهـا هذه تسير فى خطوط مستقيمة سـواء نحو مركز الكون النهائى الكروى الشكل أو بعيـدا عنه وهذا هو أيضا مركز الأرض. وعلى عكس ذلك النجوم والكواكب التى تتكون من عنصر خـامس غير قابل للفساد وهو الأثير.

وفسر حركـة النجوم والكواكـب فى الكـون وفق نظرية معـاصره عالم الريـاضيات

والفلك يودوكوس الكنيدى Eudoxus of Cnidus المولود فى كنيدا عام ٤٠٨ ق.م الذى درس على يد أفلاطون وسافر إلى آسيا الوسطى حيث ألم بعلوم الفيثاغوريين فى الرياضيات، كما سافر إلى مصر حيث نهل من علوم المصريين القدماء.

ونلاحظ أن فكرة كروية أو استدارة الأرض وأجسام الكون كانت هى السائدة، وأن الإنسان هو مركز الكون على هذه الأرض حيث إنه أرقاها أو أكرمها خلقا حسب الاعتقاد الشائع، وتحتل الأرض مكانا وسطا فى مجموع أفلاك الأجرام السماوية التى هى فى حركة ظاهرية دائبة. وظلت نظرية مركزية الأرض هى القاعدة إلى أن جاء كوبرنيكوس وقال بمركزية الشمس.

ومن أهم إسهامات أرسطو التشريح وعلم الحيوان حيث قدم تصنيفا للحيوانات فى سلم صاعد للطبيعة يرتقى باطراد حتى يبلغ قمته ممثلة فى الإنسان، ولكن دون أن يخرج من ذلك بفكرة عن تطور الكائنات بعضها عن بعض وأن جمعها والإنسان سلم ارتقائى واحد. وقال إن القلب هو مهد الذكاء والفهم، وهى فكرة كانت شائعة قديما.

وفى مجال الفلسفة مايز بين جوانب ثلاثة: الجانب النظرى الخاص بالوجود وعناصره وأسبابه وأصوله، والجانب العملى الخاص بنشاط الإنسان، والجانب الفنى أو الشعرى وهو خاص بالإبداع. وترجم العرب فى عصر ازدهار نهضتهم بعض كتب أرسطو واستوعبوا فلسفته وفكره العلمى، وعالجوا قضاياهم فى ضوء منهجه.

وأهم مؤلفات أرسطو الأورجانون وهو كتاب المنطق. وله فى علم الطبيعة مؤلفات منها «السماع الطبيعى» و«السماء» و«الكون والفساد» و«النفس» وله كتاب فى الميتافيزيقا أو ما بعد الطبيعة و«الأخلاق» و«السياسة» و«الخطابة» و«الشعر».

٢ ـ الفلوجستون Phlogiston

عنصر كيميائى ملتهب وهمى كان الاعتقاد السائد قديما بين الكيميائيين وقبل

اكتشـاف الأكسجين أنـه علة الاشتعـال . وقـد زال هـذا الاكتشاف بعـد اكتشـاف الأكسجين . وجدير بـالذكر أن من علماء العرب من أمثال البيرونى من كـانوا يرون هذا الرأى .

ونظريـة الفلوجستون هى نظريـة عن الاحتراق سادت خلال القـرن الثامن عشر ودحضها لافوازييـه إذ كان الاعتقاد عند الكيميائيين السـابقين أن جميع المواد القابلة للاحتراق تشتمل على الفلوجستون الذى يزول أو يغادر الجسم المحترق عند الاحتراق ويتخلف الرماد . ومن ثم كان الظن إن استعادة الفلوجستون إلى بقايا الاحتراق يعيد المادة إلى أصلها .

٣ ـ جاليليو جاليلى (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) Galileo Galilei

عـالم فلك وريـاضيـات وطبيعـة إيطـالى مـوهـوب . من مـؤسسى الفيـزيـاء الكلاسيكية ، وعلم من أعلام الحركة الإنسانية التى حولت الفلسفة الطبيعية للعصر الوسيط إلى العلم الحديـث . تحول اهتمامه عن دراسة الطب إلى الـرياضيـات . وكان متعدد الاهتمامـات العلمية ، وأحب الآداب والفنـون . تحدى عبادة أرسطـو ، وكتب وهو فى مطلع العقد الثالث من عمره أول دراسة موجزة له «عن مركز الجاذبية وطريقة مبتـدعة لتحـديـد الثقل النوعى» . تنقل في جـامعـات أقاليم إيطـاليـا يدرس فيهـا الرياضيات . قادته أبحاثه فى العلم البحت إلى اكتشاف ثبات الدورة الزمنية للبندول Isochronism أى ثبات مـدة الذبذبة مهما اختلفت سعتهـا ، واخترع الميزان المائى ، ووجد أن الاجســام الساقطة تسقط بعجلـة ثابتة مهما اختلفت أوزانها ، وأن القـذيفة تسير فى قطع مكـافىء . واخترع فى عـام ١٦٠٩ أول تلسكـوب للأرصـاد الفلكيـة ، واكتشف وجود جبـال على سطح القمر ، وأن هناك نجومـا عديدة لا يراهـا الإنسان بـالعين المجـردة واكتشف أن درب التبـانـة بـه أعـداد لا حصر لها من النجـوم . كما اكتشف فى عام ١٦١٠ أربعة أقمار تدور حول المشترى سميت نجوم ميديتشى .

كـان يؤمن بـأن الكون لا نهائى وأن المادة خـالـدة أبديـة والطبيعـة وجود واحـد متكامل يخضع لقوانين ميكانيكية . ورأى أن التجـربة والمشاهدة هما نقطة الانطلاق

المأمونة لمعرفة الطبيعة. ويعتبر بذلك أب الاستقراء وأحد مؤسسى العلم التجريبى. واكتشف وجهة الزهرة والبقع الشمسية وشجعته اكتشافاته المتعاقبة على أن يكون أكثر جرأة في بيان التناقض بين الفلك التقليدى وبين الظواهر الفلكية الجديدة. وحفزه هذا على الاعتراف صراحة بإيمانه بنظرية كوبرنيكوس عن مركزية النظام الشمسى. ومنذ ذلك الحين أصبح جاليليو عرضة لسهام النقد القاتلة وتحول إلى الدفاع عن منهجه فى البحث ومكتشفاته ضد أصحاب النظرة التقليدية واستمر فى صراعه ضد خصومه من رجال الدين أو الحاقدين عليه. وشن رجال الدين حملة من العظات الدينية يؤكدون مروقه وخروجه على الدين وانتهى الأمر بعرض قضيته على الكرسى الرسولى في روما الذى أدان باسم الدين نظرية كوبرنيكوس وكل من ذهب مذهبه. وتراجع جاليليو بدافع من الخوف وحصر جهوده في مجال حساب جداول لحركات بعض الأجرام السماوية. ودخل في مناظرات أكد خلالها أفكاره بشأن بعض المسائل المتعلقة بنظرية المعرفة ومناهج البحث منها ضرورة التجارب والمشاهدات الكمية. وانتهى الأمر بأن استدعاه الكرسى الرسولى فى روما وأصدر قراره بايداعه فى السجن وأرغموه على التنكر لنظرية كوبرنيكوس. ولقد كانت نظرياته هى الأساس لأعمال جيل أتى من بعده وكان على رأسه هيجينز ونيوتن.

٤ ـ كوبرنيكوس، نيقولا (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣) Copernicus, Nicolaus

عالم فلك بولندى. من أسرة غنية من أصل ألمانى. بعد أن أنهى دراسته فى جامعة كراكوف أصبح كاهنا فى كاتدرائية ثم نزح إلى إيطاليا ودرس القانون الكنسى. تأثر بالحركة الإنسانية التى حفزته إلى دراسة الكلاسيكيات. وأثارت فيه هذه الدراسة الاهتمام بالفلك. وحاز شهرة واسعة كطبيب ولكن الفلك هو الذى استحوذ على اهتمامه.

صاحب نظرية دوران الأرض والكواكب حول الشمس، التى هى أساس علم الفلك الحديث. تعتبر نظريته في تاريخ العلم ثورة بمقاييس عديدة منها ضرورة استقلال البحث العلمى، واستقلال نطاق الطبيعة عن نطاق العقيدة الدينية.

وتعتبر كذلك تحولا كاملا عن نظرية مركزية الأرض التى قال بها بطليموس والتزمت بها العقائد الدينية تعبيرا عن تكريم الله للإنسان. وأثبتت نظريته فساد نظرة أرسطو عن تضاد حركات الأجرام السماوية فى فلكها مع حركات الأجسام الأرضية وطبقات السماء، وهي النظرة التى التزمت بها الكنيسة ـ وأديان أخرى ـ واعتمدت عليها فى تفسير الخلق، وبهذا مهدت نظريته السبيل إلى الرؤية الجديدة للنشأة الطبيعية للمجموعة الشمسية وتطورها. وأدانت الكنيسة نظرية كوبرنيكوس.

أجرى حسابات لحركات الكواكب. وبنى بحوثه على دراسات سابقة. وقد استحدث نظريته عن مركزية الشمس بناء على تأمل نظرى. إذ رأى أنها تقدم تفسيرا أبسط نظريا كثيرا من تفسير بطليموس عن نظرية مركزية الأرض. فقد استمد نظريته على أساس اقتصادى وقال إن من باب الاقتصاد أن يدور الجسم الأصغر ـ وهو الأرض ـ حول الجسم الأكبر ـ وهو الشمس ـ وليس العكس. ووجد فى أدبيات القدماء مثل الفيثاغوريين وأرسطارخوس ما يدعم هذه النظرة. ولكنه ظل محتفظا بالفكرة التقليدية القديمة عن الكون بأنه نهائي محدود وأنه كروى الشكل، وإن حركة جميع الأجرام السماوية دورانية. ووضع فروضا جديدة تناقض التصور التقليدى عن الكون. من ذلك مثلا قوله إن جميع حركات الأجرام السماوية ليس لها محور مشترك وأن محور الأرض ليس هو محور الكون بل هو فقط مركز حاذبية ومركز تلك القمر. وأن الحركة الظاهرية للشمس ترجع إلى حركة الأرض التى تدور فى فلكها حول الشمس. وها هنا كانت الثورة التى صدمت مشاعر المؤمنين وتحولت الأرض إلى كوكب عادى وكانت نظريته الجديدة أساسا لتطوير الميكانيكا الجديدة لحركات الأجرام السماوية التى وضعها وطورها من بعده كيبلر وجاليليو ونيوتن.

٥ ـ نيوتن، اسحق (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) Newton, Isaac

عالم فيزياء إنجليزى من أعظم علماء القرن ١٨ في الفيزياء والرياضيات والفلسفة الطبيعية. استطاع خلال تجاربه على الضوء تحليل الضوء العادى إلى ألوان الطيف المعروفة بواسطة منشور ثلاثى زجاجى اخترع التلسكوب العاكس، ووضع

قانون الجاذبية العام، وقوانين الحركة. وهو مؤسس الميكانيكا الكلاسيكية.

كان لـه تأثير كبير على تطور الفكر الفلسفى مـن خلال آرائه عن المنهج العلمى وفلسفة العلـوم وصورة الكـون الجديدة. أهم كتبـه كتاب الفلسفـة الطبيعية وأسس الرياضيات ـ ١٦٨٧ ويشار إليه عادة بكلمة الأسس أو البرنكيبيا.

ويمثل قـانون الجاذبيـة العام تكملـة طبيعية لتصـور كوبـرنيكوس عن مـركزيـة الشمس للمجموعة الشمسية فضلا عن أنه يشكل أساسا علميا جديدا لتفسير كثير من العمليات التى تجرى فى الكـون بها في ذلك عمليات فيزيقية وكيميـائية. وأصبح أساسا لإطار فكرى أو نظرة فلسفية جديدة إلى العالم.

قـال عنه أينشتين فى مقـدمة لطبعـة جـديدة من كتـاب «البصريات»: «كـانت الطبيعة عند نيوتـن كتابا مفتوحا يقرأ حـروف كلماتها فى يسر وسهولة. . . . لقد جمع فى شخص واحد بين الباحث التجـريبى والمفكر النظرى وعالم الميكـانيكا والفنان فى عرضـه لأفكاره. إنه يقـف أمامنا شـامخا قويا واثقـا فريـدا. نلمس فى كل كلمة من كلماته بهجته فى الخلق والإبداع ودقته الفائقة.

٦ ـ لافوازييه ـ أنطوان لوريه (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤)

Lavoisier, Antoine Laureut

كيميائى وفيزيقى فـرنسى، مؤسس الكيمياء الحديثة. أحد الـرواد الذين أدخلوا الطرق الكمية الكيميائية. عين طبيعة الاحتراق ودور الأكسجين في عملية التنفس. أعدم المقصلة فى عهد الإرهاب.

درس القانون في باريس ودرس الجيولوجيـا والكيمياء والفلك والرياضيات وعلم النبات. في ١٧٦٤ قدم أول مـذكرة له إلى أكاديميـة العلوم الملكية وتبعتها مـذكرات أخرى عـديدة. وفي عام ١٧٦٨ انتخب عضـوا بالأكـاديمية ونذر نفسـه للعلم منذ ذلك الحين. وتولت الأكاديمية نشر مذكراته. أثبت فى عام ١٧٧٢ أن ناتج الاحتراق «هواء ثابت». وعنى بدراسة الاحتراق الذى كانت تسيطر عليه نظرية الفلوجستون.

وفى نوفمبر ١٧٧٢ أودع الأكـاديمية مذكرة مختـومة. وتوضح هذه المذكـرة أن تجاربه أثبتت أن زيـادة وزن الفـوسفـور والكبريت عنـد الاحتراق راجع لاتحادهما مع الهواء الموجـود فى الغلاف الغـازى، وهو نفس سبـب زيادة وزن المعـادن بعد تحميصهـا. وتبين له أن الغاز الناتج عن تسخين الكلس مـع الفحم يطابق «الهواء الثابت» الذى قال به جوزيف بلاك.

وفى أول أغسطس من عـام ١٧٧٤ حصل جوزيف بـريستلى من أكسيد الـزئبق على غاز ساعد على الاحتراق بقوة. ولم يـدرك صلاحيته للتنفس إلا فى مارس ١٧٧٥ وحينئذ قال عن اكتشـافه هذا أنه هـواء «خلو من الفلوجستون». وحـدث لافوازييه عن ذلك، ورأى لافوازييـه فى اكتشاف بريستلى الحل لمشكلته وأعـاد تجارب بريستلى ثم أخطر الأكاديمية أن «المبدأ» الذى يتحد مع المعادن عند التحمية ويزيد وزنها هو هـواء تمت تنقيته. ثم غير كلمـة «مبدأ» إلى «هـواء صالـح للتنفس تمامـا» وعرف أنـه موجود فى الهواء العادى. وفى نهايـة عام ١٧٧٧ أثبت أن هذا الهواء الصالـح للتنفس يتحول بفعل الاحتراق والتنفس إلى «هواء ثابت»، ورأى أنه أحد مكونات الأحماض. وأطلق عليه فى هذا العام اسم «أكسجين». واستخدم الاكتشاف الجديد لتفسير الماء إذ لم تعد الأفكار القـديمة مناسبة. وشرع فى شـن هجومة على نظريـة الفلوجستون. وعنى بعد ذلك بدراسـة عملية التنفس عند الإنسان والحيوانـات وعرف كيف يتكون ثانى أكسيد الكـربون نتيجة عملية التنفس، ونسبتـه فى الهواء. ووضع أسس دراسة عملية الأيض في الإنسان.

٧ ـ أينيشتين Einstein, Albert

ولد فى ألمانيـا عام ١٨٧٩ وتـوفى فى الولايـات المتحدة الأمـريكية عـام ١٩٥٥ إذ سافر إليها عام ١٩٣٣ واستقر بها بعد أن تولى هتلر السلطة.

عالم فيزياء نظرى أهم إنجازاته نظرية النسبية. عمل أبوه مهندسا كيميائيا ولكنه واجه صعوبات كثيرة ومستمرة في حياته العملية مما اضطره إلى الرحيل هو وأسرته من مكـان إلى آخر. وأثـر ذلك على تعليم ابنه البرت إذ كـان تعليما غير منتظم. والتحق

البرت بمدرسة تكنيكيـة فى زيورخ بعد أن تأخر بعض الـوقت بسبب قصوره في مادة الريـاضيات. وأتم دراسته فى عـام ١٩٠١ وحصل على الجنسية السويسريـة. وكان يأمل في العمل مـدرسـا بإحدى المدارس. ولكنـه لم يتمكن من تحقيق آمـالـه بسبب ديانتـه اليهوديـة. ومن ثم التحق بعمل متواضع في مكتب بـراءات الاختراع في برن. والجدير بـالذكر أيضا أن أول إسهـاماته في الفيـزياء النظرية كـان عام ١٩٠١ ولكن صدرت له أهم ثلاثة بحوث في عام ١٩٠٥. وألقى بعض المحاضرات في جامعة برن ثم عمل أستـاذا في زيـوريخ عام ١٩٠٩ وتنقل بين عـدة جـامعـات. وظهر بحثـه الأساسي عن النظـرية العـامة في عـام ١٩١٥. وحصل على جائزة نوبـل لبحثه عن نظرية الكم «الكوانطا» عام ١٩٢٢.

والبحـوث الثـلاثـة الأولى هي على الترتيب بحث عن الحركـة البرونيـة ويتنـاول الحركة غير المنتظمـة للدقـائق المتناهية الصغـر في السوائل نتيجـة أمطارهـا بوابل من الجسيمات. وكان بذلك أول من أوضح أن بـالإمكان استنتاج عدد جـزئيات السائل في كل وحدة من وحدات الحجم عن طريق عمل قيـاسات للطريقة التي تتحرك بها الجزئيات المرئية. والورقة الثانية في عام ١٩٠٥ وتتناول أساس ميكانيكا الكم. وأثبت أن الإشعاع جزئيات (فوتونات) كل منها تحمل كميـة من الطاقة. والورقة الثالثة عن النظرية النسبية الخاصة.

وظهرت في أواخـر القرن التـاسع عشر مشكلات في ميـدان البصريات لم تتمكن من حلها النظرية الكهرومغناطيسية عن الضوء التي قال بها ماكسويل والمعروفة أيضا باسم النظرية الموجية التي تقول إن الضوء حركة موجية تسير في سرعة محددة ومستقلة عن حـركـة المصـدر وحـركـة المستقبل. وفي عــام ١٩٠٤ اكتشف كل من لـورنتس وبوانكـاريه طـريقة جديـدة لتغيير معادلات مـاكسويل بشأن سرعـة الضوء وأمكن الحصول على إجابات صحيحة دون معرفة السبب. وهنا قدم اينشتين مايعتبر أعظم إنجازاته في الفيزياء بشأن قياس سرعة الضوء من نقاط مختلفة والذي قاده إلى النظرية النسبية الخاصة.

وقد أدت نظريات أينتشتين في مجملها إلى مفاهيم جـديدة للزمان والمكان والحركة والجوهر والضوء والجاذبية. كما كانـت نظرياته برهانا يدعم الـرؤية الفلسفية الواقعية إذ أكدت واقعية الأشيـاء وحركتها. وكان في آرائه الفلسفيـة متفقا في نواح كثيرة من الفيلسوف اسبينـوزا وينكر أي جـوهر لا مـادي مؤكـدا موضـوعية العـالم وإمكانيـة معرفته. وكان يؤمن بأن العلم أداة الإنسان لحياة أفضل لاتعرف القهر والحروب.

٨ ـ ماكسويل ـ جيمس كلارك (١٨٣١ ـ ١٨٧٩)

Mawell, James Clerk

عالم فيـزياء اسكتلندي، اشتهـر ببحوثه في المغناطيسيـة والكهرباء وضع نظـرية المجال الكهرومغنـاطيسي رياضيا. استنتج إن الموجات الكهرومغناطيسيـة والضوئية أنواع مختلفة من الموجات الكهرومغناطيسية تتحـرك على هيئة موجات. عرفت وحدة قياس الحزمـة المغناطيسيـة باسمـه تكريما لأعمالـه. صدرت لـه عدة دراسـات منها «النظريات الدينامية عن المجال الكهرومغناطيسي» وتضمنت هذه الدراسة المعادلات التي اشتهرت بـاسمه عن المجـال وسرعة الضـوء، ومن أهم أعماله في مجال الفيـزياء نظريته عن حركة الغازات

الفصل الثاني

١ ـ بطليموس أو بطلميوس السكندري ، كلوديوس
Ptolemy of Alexandria

عالم فلك ورياضة وجغرافيا وفيزياء ومؤرخ . يوناني مصري . نشأ بالأسكندرية . كان لكتابيه المجسطي والجغرافيا السيـادة على علمي الفلك والجغرافيا لمدة ١٤ قرنا . اكتشف عـدم انتظام حـركة القمـر . ، وله أرصـاد هـامة عن حـركات الكـواكب . . اعتبرت أعماله في الفلك والجغـرافيا مـرجعا أساسيـا حتى أيام كوبـرنيكوس . كتـابه «المجسطي» يضم مسائل وتفسيرات لـلأجرام السماوية وعلاقتهـا بالأرض ويتضمن مشاهـدات وأرصاد ا وتقنيات مأخـوذة إلى حد كبير من أعمال هيباركـوس الروديسي وهي أعمال مفقودة . ويشتمل المجسطي على ثلاثة عشر بابا وكتابا هي كما يلي :

الأول والثاني ـ عرض عام للكون ومركزه الأرض

الباب الثالث : طول السنة وحركة الشمس .

الرابع : أطوال الشهور وحركة القمر.

الخامس : أبعاد وأحجام الشمس والقمر.

السادس : الكسوف والخسوف

السابع والثامن : جدول النجوم (أقدم جدول معروف) وتقدم الاعتدالين .

التاسع إلى الثالث عشر ـ حركات خمسة كواكب في حركاتها الدائرية وهي من أهم إنجازاته

ويشتمل مؤلفه «الجغـرافيا» على ثمانية كتب تتناول الأسلـوب الرياضي الفني في

رسم الخرائط . ويضم قـائمــة بخطـوط الطـول والعـرض وأطلـس العـالم المعـروف آنذاك .

وله كتـاب في البصريات يتحدث عن انعكـاس الضوء على المرايا وانكسـاره عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين .

أما نظام بطليموس فهو صورة كما تخيلها القدماء ، حيث الأرض في المركز، وتدور حـولها بـاقي الأجـرام السماوية في دوائر وبسرعـة منتظمـة . وفسر ابتعـاد الكـواكب واقترابها من الأرض بافتراض مسـارات دائرية صغيرة لهذه الكـواكب (أفلاك تـدوير) تتحرك مراكـزها على محيط دوائر تقع الأرض في مركزهـا ، وله جداول بها ١٠٢٨ نجما تعتبر أقدم وصف دقيق معـروف للسماء ، أما أعماله الجغرافيـة فيشتمل معظمها على جداول لخطوط الطول والعرض للبلدان المختلفة .

٢ ـ فرانكلين ، بنيامين Franklin, Benjamin

سياسي وناشر وعالم وكاتب وصحفي وفيلسوف أمريكي ، عاون في إنشاء جامعة بنسلفانيا (١٧٥١) وأثبت بالتجربة الصلة بين البرق والكهرباء .

من أعظم العلماء الـذين أسسوا علم الكهربـاء . واستقر في ولايـة فيلادلفيـا بعد جـولات واسعة في الخارج ثم أنشأ صحيفـة أضحت مـركـزا لتجمع ثقافي لعـدد من المفكرين ، وكان هذا التجمع نواة لما عرف باسم الجمعية الفلسفية الأمريكية . وكان من أشهـر كتـاب الـرسـائل في أمـريكــا . وأسهم بـدور كبير في النضـال من أجل الاستقـلال . واشترك في وضع وثيقة إعـلان الاستقـلال ومثل بـلاده في فرنسـا ووقع الصلح مع بريطانيا وشغل مناصب رسمية رفيعة .

بدأت تجاربه في مجال الكهرباء عام ١٧٤٦ . وأقنعته دراسته للكهرباء المولدة عن الاحتكاك بحدوث «سيـال كهربي» يؤدي إلى وجود سطحين أحـدهما موجب والآخر سالب ، وتعرف باسم نظرية «السيال الواحد» مقابل نظرية السيالين التي قال بها دي فاي وآخـرون . وساعدت نظريتـه على فهم وعا ء ليدن وعلى ابتكار وعـاء أو حوض

فرانكلين Franklin Pan وهو أول مكثف ذي رقائق عبارة عن زجاج بين ألواح من رصاص.

اشتهر فرانكلين علميا بإقامة الدليل على أن البرق له طبيعة كهربية، واهتم بالحرارة المشعة والتوصيل الحراري وديناميكا الموائع «الهيدروديناميكا» والأرصاد الجوية.

٣ ـ ليبل، سير شارلز (١٧٩٧ ـ ١٨٧٥) Lyell. Sir Charles

عالم جيولوجيا إنجليزي. لم يكشف عن مواهب فذة أو تفوق في دراسته بالمدرسة أو الجامعة. واستغرقته هواية جمع الفراشات التي لازمته طوال حياته. ولكنه اهتم بالجيولوجيا من خلال قراءاته الخاصة واطلاعه على أهم ما كتب عنها من كتب في مكتبه أبيه. وشرع في رحلات سياحية جيولوجية في أنحاء إنجلتر وأوربا. وانضم إلى جماعة الجيولوجيا» وعمل سكرتيرا لها ثم رئيسا. . وألف العديد من الأبحاث الجيولوجية أهمها «أسس الجيولوجيا» و «عناصر الجيولوجيا» و «الشواهد الجيولوجية على قدم الإنسان» كان من أقرب أصدقاء شارلز داروين وأسهمت جهوده في تحديد مسار فكر داروين.

٤ ـ بلانك، ماكس (١٨٥٨ ـ ١٩٤٧) Planck, Max

عالم طبيعة ألماني ـ نذر حياته لعلم الفيزياء وللموسيقى فقد كان عازف بيانو بارعا، صاغ النظرية الحرارية الدينامية للإشعاع الحراري. مؤسس نظرية الكم أو الكوانطا التي تعالج المفهوم الجديد للطاقة الإشعاعية (١٩٠٠) تنبعث الطاقة الاشعاعية في كمات طاقة، تحمل كل كمة مقدارا من الطاقة يساوي حاصل ضرب ثابت بلانك (٦,٦٢٥ × ١٠−٢٧ أ/ج ثانية) في التردد. فسر على أساسها توزيع طاقة إشعاع الجسم الأسود. وأفاد بها أينشتين في تفسير الكهربية الضوئية. كما أفاد بها نيلزبور وطبقها على كمية تحرك الالكترونيات في الذرة واستطاع وضع أول نموذج للذرة أثبت به أن الذرة تبعث الطاقة وتمتصها بكميات محددة منفصلة، عدلت النظرية إلى أن وضعت في إطار جديد باسم الميكانيكا الكمية.

خصص مـاكس بلانـك قسطا كبيرا من أعمالـه للمشكـلات الفلسفية الخاصـة بالعلـوم الطبيعية منها الـدلالة الفلسفية لقـانون الطاقـة ومبدأ العلية . وانتقـد بشدة الفلسفة الوضعية وبخاصة وضعية أرنست مـاخ . سني بكوارث عديدة في حياته كان من أشدها قسوة على نفسه أنه فقد ابنه الذي أعدمه النازي .

نال جائزة نوبل عام ١٩١٨ في الفيزياء

من مؤلفاته «فلسفة علم الفيزياء» (١٩٣٦) و «الديناميكا الحرارية» (١٩٤٥)

٥ ـ يونج ، توماس (١٧٧٣ ـ ١٨٢٩) Young, Thomas

عالم الفيـزياء الإنجليزي . صـاحب النظريـة الموجية للضوء . درس بعـد تخرجه بعض لغات الشرق الأوسط منها السريانية والعبرية . استوعب وهو في السابعة عشر من عمـره كتابي «نيـوتن» البصريـات و«البرنكيبيا» وفهمهما جيـدا . اختار أول الأمـر دراسة الطب ليعمل طبيبـا . اتجه بعد ذلك إلى بحوث في مجال الفيزيـاء عن الصوت والضـوء وصدر لـه أول بحث بعنـوان «عرض عـام لتجـارب وبحوث عن الصـوت والضوء» عام ١٨٠٠ . وله علاوة على ذلك دراسـات عن الخاصية الشعرية وتماسك السوائل ، وعدد من الدراسـات الطبية ، والجدير بالذكر أن يونج لـه إسهامات قيمة في فك رموز اللغة المصرية القديمة «الهيروغليفية» ابتداء بدراسته لحجر رشيد .

٦ ـ فريزنل ، أوغسطين جين (١٧٨٨ ـ ١٨٢٧)

Fresnel,. Augustin Jean

عـالم فيـزياء فـرنسي . اشتهـر في مجال النظـريـة الموجية للضـوء وفي البصريـات التطبيقية . تخرج مهنـدسا . وجـه قدرا كبيرا من اهتمامه لـدراسة الضـوء . استحدث نظرية موجية عن الضوء تختلف عن الموجـات الطولية التي قال بها من قبله علماء من أمثال هوجينز ويونج وقال بموجات مستعرضة ، وأحدثت نظريته تأثيرا كبيرا على كل الدراسـات الخاصة بالجوانب الهنـدسية للضوء والفوتـومترية أي قياس شـدة الضوء وعلاقة الضوء بالفضاء والمادة ، وله دور كبير في تطوير العدسات لتكثيف الضوء .

٧ ـ هوكسبى ، فرنسيس Hauksbee, Francis

غير معروف تاريخ ومكان ولادته ـ توفى عام ١٧١٣

عالم فيزيـاء لانعرف عن حياته غير القليل . تتلمذ على يـد روبرت بويل ، . عمل معه في تصميم وبنـاء المضخة الهوائيـة لأغراض تجريبيـة . أوضح أن الهواء يتوهج في حالـة الضغط المنخفض إذا ما أفرغت فيـه شحنة كهربيـة ، أول كتاب له عـرض فيه تجاربـه صـدر عام ١٧٠٢ تحت عنـوان «تجارب فيـزيقيـة ميكانيكيـة» . واستخـدم المضخة المفـرغة مـن الهواء وأجرى تجارب على انتقـال الصوت في الهواء مـؤكدا اعتماد عملية الصوت على ضغط الهواء .

٨ ـ جراى ، ستيفين (١٦٧٠ ـ ١٧٣٦) Gray, Stephen

عـالم إنجليـزي ، لحظ أن السدادات في نهايـة الأنبـوب الـزجـاجي تكشف عن خـواص كهربيـة عند حكهـا بـالزجـاج ، أجرى عـديـدا من التجارب الكهـربائيـة الاستـاتيكيـة نجح خـلالها في نقل التـأثير الكهـربى إلى مسـافـات كبيرة واستخـدم موصلات محايـدة مثل الشعر والزجاج والحرير لاختزان الكهـرباء في الأجسام لفترات زمنية كبيرة نشر بحوثه عن الكهرباء في كتابه Philosophical Transactions

٩ ـ دي فاي ، شارلس فرانسوا دوسترناي (١٦٩٨ ـ ١٧٣٩)
Du Fay Charles Francois de Cisternay

عالم كهـرباء فرنسي ، قـال بنوعين من الكهربـاء . بدأ حياتـه في الجيش الفرنسي ودرس خلال هذه الفترة الكهرباء ثم ترك الجيش ليعمل مساعد كيميائي في أكاديمية العلوم بباريس . ألف عددا من الأبحاث في الكيمياء . واشتهر بست مذكرات كتبها عن الكهـرباء وصـدرت خلال الفترة من ١٧٣٣ ــ ١٧٣٧ . أثارت انتبـاهه ظـاهرة انجـذاب أجسام معينـة مثل الكهرمـان والحريـر والورق الى ورقـة ذهب بعد حكهـا بعامود زجاج بينما تتنافر أجسام أخرى . واستنتج من ذلك وجود نوعين من الكهرباء أطلق عليهما اسم كهربـاء زجاجية وكهربـاء راتنجية وقال إنهما مسؤلان عن ظـاهرتي

التجاذب والتنافر. وأثبت أيضا أن هناك رابطـة بين قدرة جسم ما على توصيل شحنة كهربية وبين قدرته على تلقي الشحنة.

١٠ ـ نوليه، أبي جان أنطوان (١٧٠٠ ـ ١٧٧٠)
Nollet, Abbé Jean Antoine

عالم كهـرباء فـرنسي، اشتهر بأبحـاثه بـالاشتراك مع دي فاي، وانتخـب عضوا بأكاديميـة العلوم الفرنسية وقـام بدور كبير لنشر وترويج العلم التجريبي في فـرنسا. كان باحثـا تجريبيا لايعرف الكلل خاصة في مجال الكهربـاء التي تصور أنها ناتجة عن حركة تيارين من السائل في اتجاهين متعارضين بحيث يؤدي ذلك إلى جذب أو تنافر الأجسام المشحـونة من فوق السطح ولكن حلت محل هـذه النظرية بعد ذلك نظـرية بنيامين فرانكلين.

١١ ـ واطسن، سيروليام (١٧١٥ ـ ١٧٨٧) Watson, Sir William

طبيب إنجليز ولكنه اشتهر بدراساته عن الكهرباء، نشر أكثر من خمسين دراسة عن الكهـرباء والطب والتـاريخ الطبيعي، وأهم دراسـاته تحمل عنـوان «تجارب عن طبيعة الكهربـاء» وأوضح أن الهواء الرطب جيد التوصيل، واستخـدم في تجاربه وعاء ليدن. حاول أن يتبين سرعة الكهرباء ولكن منهجه في البحث لم يسعفه.

١٢ ـ أرشميدس Archimedes

ولد في سيراتوسيـا عام ٢٨٧ وقتل فيها عام ٢١٢ ق.م أعظم علماء الـرياضيات في العصر القـديم. ومبتكـر علم الاستـاتيكـا أو علـم السكـون، وكـذلك علم الهيدروستاتيكا أو ضغط وتوازن السوائل الـذي استنبط منه قاعدة أرشميدس. طبق حسابا هندسيا محكما لقياس الخطـوط المنحنية والمساحات والأجسام الصلبة، ونجح بخاصة في قياس محيط الدائرة ومساحتها وحجم الكرة والأجسام المخروطية.

ومن إنجازاته أنـه حدد مراكز جاذبيـة المسطح البسيط واستنبط من ذلك قاعدة الروافع، واخترع طنبور إرشميدس وهو بريمة داخل جسم أسطواني يستخدم في رفع المياه.

١٣ ـ بلاك، جوزيف (١٧٢٨ ـ ١٧٩٩) Black, Joseph

عـالم كيميـاء فرنسي، رائد كيميـاء الغـازات، وضع نظـرية عن الحرارة النـوعيـة والكامنـة. درس اللغات والفلسفة الطبيعيـة ثم التشريح والطب. وفي عام ١٧٥٤ قدم رسالته الجامعية لنيل درجة دكتور في الطب وعنوانها «المزاج الحمضي الناشيء عن الطعام وكربونات المغنيسيوم» وتضمنت دراسته نماذج ممتازة للتجارب الكيميائية على القلويـات وعلاقتهـا بثاني أكسيد الكـربون «الهواء الثابت» وتميـزت تجاربه بطـابعها الدوراني في التحول من شيء إلى شيء في ارتباط بالـوزن بحيث وضع أساسا للكيمياء الكمية للقلويات والهواء الذي يتحد معها أثناء ذلك.

ومن أهم نتائج أبحـاثه هذه إثبات إمكـانية دراسة الغازات في ارتبـاط بعمليات قياس الوزن. وكـان بلاك يفضل إن يطلق على الغاز الذي يتعـامل معه اسم «الهواء الثابت» إلى حين اكتشاف معلومات أكثـر عنه. ولكنه وضع الطريقة التي يمكن بها التحكم في الغازات عند دراستها كمكونات كيميائية متمايزة.

وفي عام ١٧٦٣ أثبت ظاهرة الحرارة الكـامنة أي الحرارة اللازمة لإحداث تغير في الحـالـة من الصـلابة إلى السيـولة أو من السيـولة إلى الغازية، ثـم مـايز بين الحرارة أو السخـونة Heat وبين درجـة الحرارة Temperature كما أثبت خـاصية الحـرارة النوعية Specific heat

١٤ ـ بويل، روبرت (١٦٢٧ ـ ١٦٩١) Boyle, Robert

عالم كيمياء أيرلندي، أكمل تعليمه خلال رحلات تنقل فيها بين فرنسا وسويسرا وإيطـاليـا ثم عاد إلى إنجلترا. تميـز بسعـة اطـلاعـه في الفلسفة والعلـوم والالهيـات واللغات وبـدأ بعد ذلك بإجراء التجارب العلميـة. عمل مساعدا لروبـرت هوك في أبحاثـه الخاصة بتطوير مضخـة الهواء، التي كانت أساسا لكثير من تجاربـه العلمية الأولى.

نشر القانـون المعروف باسمـه «قانون بـويل» وان كان مكتشفه في الـواقع تاونلي

Towneley وهو أحد مساعدي بويل ـ الخاص بالعلاقة المتبادلة بين حرارة الغاز وبين درجة الضغط ومضمونه أنه إذا تساوت درجة الحرارة فإن تناقص حجم الغاز المضغوط يتناسب مع ازدياد الضغط .

هاجم بويل الكيمياء القديمة وأفكار أرسطو. وقدم نظرية ذرية يقول فيها إن المكونات الأولى للمادة هي أجسام أولية بسيطة وغير متحدة ببعضها وعندما تتحد تعطينا الأشكال المتباينة التي نعرفها عن المادة وأن الذرات التي هي في حالة حركة مسؤولة عما ندركه من ظواهر الطبيعة .

١٥ ـ بويرهاف ، هرمان (١٦٦٨ ـ ١٧٣٨) Boerhaave, Herman

عالم كيمياء هولندي ، درس الطب والكيمياء ، كما درس الفلسفة واللغات وعلم النبات وتخصص في الطب في بداية حياته العملية ثم بدأ في الاهتمام بالبحث الكيميائي وتدريس الكيمياء .

وبويرهاف من الشخصيات الغريبة في تاريخ العلم ، واسع العلم والمعرفة ، ومعلم موهوب ، حتى أن معاصريه كانوا يقارنون بينه وبين نيوتن وإن لم يقترن اسمه باختراع علمي محدد ، ولكنه كان عالما صاحب نفوذ وتأثير بكتاباته وتعاليمه . له مؤلفات عديدة في الكيمياء والطب والفلسفة الطبيعية . تميز منهجه في البحث والنظر بأنه نقيض المنهج السائد في عصره وهو منهج غيبي وقتما كانت الكيمياء لاتزال مبحثا بعيد الصلة عن العلوم المضبوطة .

١٦ ـ هتون ، جيمس (١٧٢٦ ـ ١٧٩٧) Hutton, James

المؤسس الرئيسي للجيولوجيا كعلم . درس الفن وعمل في مكتب محام واستهوته التجارب الكيميائية في أوقات الفراغ ، ثم عاد إلى الجامعة ليدرس الطب وحصل على درجة دكتور في الطب عام ١٧٤٩ . ثم اتخذ الزراعة مهنة له وعاش في مزرعة ولكن الصخور التي اكتشفها مستقرة تحت التربة الزراعية إثارت عقله الفلسفي ، وحثه هذا على متابعة بعض الدراسات العلمية ، وأصبح همه الشاغل هو المشاهدات

الجيولوجية وتأملها في كل المناطق المحيطة به وبدأ رحلات في مختلف أنحاء انجلترا . وكتب دراسة عنوانها «نظرية الأرض» تتضمن مشاهدات مع تفسيرات نظرية وكانت إرهاصة لأساس علمي لعلم الجيولوجيا .

١٧ ـ بليني ـ جايوس بلينوس سيكوندوس أوبليني الأكبر (٢٣م ـ ٧٩م)
Pliny [Gaius Plinus Secundus, Pliny The Elder]

عالم تاريخ طبيعي وموسوعي روماني ولد في كومو ـ إيطاليا . لقى مصرعه وهو يراقب ثوران بركان فيزوف . مؤلف موسوعة التاريخ الطبيعي الكبير وتضم ٣٧ كتابا وهو دائرة معارف أو دراسة موسوعية عن العلوم عند القدماء Naturalis Historia والكتاب تجميع انتقائي دون دراسة نقدية ولكنه يكشف عن فضول وحب اطلاع وأصالة في المشاهدة، وميزته أنه حفظ لنا قدرا كبيرا من المعلومات الهامة عند القدماء خاصة الفنون التقنية . ويتناول كل كتاب في الموسوعة مبحثا مستقلا مثل الفلك أو طبيعة الإنسان وابتكار الفنون ومواطن الحيوانات المفترسة والأليفة ـ الطيور ـ المعادن والأحجار . . الخ

١٨ ـ بيكون، فرنسيس (١٥٦١ ـ ١٦٢٦) Bacon, Francis

رجل سياسة ورجل دولة وكاتب مقال وفيلسوف طبيعي واشتهر بمنهج بحث اقترن باسمه «منهج بيكون» يعد أساسا لمنهج البحث العلمي الاستقرائي . عمل سفيرا لإنجلترا لدى فرنسا . ونائبا في البرلمان أخفق في تحقيق شهرة أو الحصول على منصب رفيع في قمة الدولة، ولكن تغير حظه تماما بعد أن تولى جيمس الأول وحصل على لقب فارس، ثم عضوا في مجلس البلاط الملكي ومدع عام وأمين الخاتم الأعظم وأخيرا لورد ثم قاضي القضاة، وبعد أن بلغ أوج المجد أتهم بالفساد وأودع السجن ثم أفرج عنه بعد فترة وجيزة وانتهى مستقبله كشخصية عامة .

استولت عليه فكرة مؤداها أنه جاء إلى الدنيا لخدمة البشرية جمعاء وذلك من خلال اكتشاف الحقيقة . ودفعته هذه العقيدة إلى استعراض ومراجعة كل المعارف البشرية التي يأخذها الناس مأخذ التسليم وأعاد تصنيفها وفقا

لارتباطهـا بملكات العقل «الـذاكرة أو الـذهن أو الخيال» وأطلق على مشروعـه هذا عبارة «التجديـد العظيم أو الإصلاح الأكبر للعلوم» وليس غـريبا أن كتاباتـه المتناثرة التي استهلها بدراسة عنـوانها «تقدم التعليم» (١٦٠٥) إنما استهدفت حسب تصوره أن تكون أجزاء من مشروع «التجديد العظيم» Instauratio Magna وجاء بعد كتابه عن التعليم كتاب الأداة الجديدة وهو ثورة في المنطق ومنهج البحث. لقد كان بيكون طموحا وكأنما وضع على عاتقه أن يغير العالم من خلال إصلاح الفكر وتجديد المنطق وتغيير منهج البحث وعلى الرغم من أن طمـوحاتـه تجاوزت جهوده إلا أنه كـان أحد المعالم الأسـاسية في نهضـة الفكر وبناء العلم الحديـث. واقترن اسمه بمنهج البحث العلمي الحديث «المنهج البيكـوني» أو منهج البحث الاستقـرائي واتسـاقـا مع هـذا الفهم قـال بيكون إن مهمـة العلم دعم سيـادة الإنسان على الطبيعـة وأن السبيل إلى ذلك هو التعليم الذي يكشف عن الأسباب الواقعية وصولا إلى نتائج صحيحة وقال أيضا إن المعـرفة اليقينية أو الصـادقة ممكنة شريطة إصـلاح منهجنا في المعرفـة وحدد السبيل إلى ذلك وهي سبيل ذات ثلاث شعب كتب عنهـا «تقدم التعليم» إذ دعا إلى ثورة لتغيير التعليم، وثـانيا منهج البحث وعرض ذلك ضمن الأداة الجديدة، وثـالثا التخلص من الأوثـان التي تحكم فكـرنـا وكأنها نسيج العنكبـوت نعيش في إسـارهـا ونصنع منها عالما زائفـا حولنا هو من نسج خيالاتنـا أو أفكارنا الذاتية ومـوروثاتنا ولا علاقة له بعالم الواقع.

١٩ ـ داروين، شارلس روبرت (١٨٠٩ ـ ١٨٨٢)

Darwin, Charles Robert

عالم تـاريخ طبيعي إنجليزي ــ مؤسس نظـرية التطور، قـام برحلـة على السفينة بيجل حول العـالم على مدى خمس سنوات كانت فـرصته لجمع معلومـات تمثل ركيزة نظريته عن التطـور. بدأ نشاطه العلمى أول الأمر كعالم جيـولوجى وتحول اهتمامه إلى البيولـوجيا وقدم إسهـامات متميزة تمثلـت في براهينه لإثبـات تطور الكائنـات الحية واكتشاف مبدأ الانتخاب الطبيعى وقابلية توريث التبادين بين الكائنات الحية وكيف أن هـذا المبدأ ووراثـه التبـاين هما علـة التطـور. أهم كتبه «أصل الأنـواع» و«تبـاين

الحيوانات والنباتات بفعل الاستدجان» واجه معارضة حادة بسبب نظريته خاصة من جانب رجال الدين. تعتبر تعاليمه ونظريته معلما هاما وحاسما من معالم القرن الماضى وتطور الفكر وانعكست على جميع الدراسات العلمية.

٢٠ ـ كافنديش، هنرى عالم فيزياء فرنسى (١٧٣١ ـ ١٨١٠)

Cavendish, Henry

له اكتشافات في مجالات تكوين الغازات والكهرباء والجيوفيزيا أو علم طبيعة الأرض، اشتهر فى الأوساط العلمية وكانت علاقاته تكاد تكون قاصرة على أصدقائه من العلماء. نشر نتائج ثلاثة أبحاث علمية أساسية وصل إلى حد اكتشاف وجود غاز الأيدروجين كعنصر متميز (هواء قابل للاشتغال) ودرس خصائص ثانى أكسيد الكربون (الهواء الثابت) واكتشف بيكربونات الكلسيوم. وأثبت أن تكوين الغلاف الغازى ثابت فى مختلف الأوقات والأماكن. كما أثبت أن الماء مركب. وليس صحيحا الآن أن جيمس وات هو الذى أثبت أن الماء مركب. كان يؤمن بعنصر الفلوجستون ولكنه اعترف بأن النتائج التى توصل إليها يمكن تفسيرها في ضوء مذهب لافوازييه. ومن أهم إنجازاته أيضا أنه حدد كثافة الأرض.

وفي مجال الكهرباء كان له السبق على كل من كولومب وفارادى فى عديد من الاكتشافات منها قدرة التأثير الذاتية Specific inductive Capacity وأن الشحنة الكهروستاتيكية قاصرة على السطح الموصل.

٢١ ـ كولوم، شارلس أوغسطين

Coulomb, Charles Augustine de

عالم فيزياء فرنسى اشتهر بأبحاثة في الكهرباء المغناطيسية.

جمع مذكراته الأولى عن الاستاتيكا والميكانيكا في كتاب بعنوان «نظرية الآلات البسيطة» (١٧٧٩) عالج فيه مسألة المقاومة وعرض قانون كولوم عن التناسب بين الاحتكاك والضغط العادى ونشر بحثا عن المغناطيسية. له دراسات في مجال قياس

التنافر الكهربى والتجاذب الكهربى. ووضع قانونه الشهير عن قوة الشحنات الكهروستاتيكية. وتناول موضوع فقدان كهربية الأجسام، وتوزيع الكهرباء في الموصلات.

٢٢ ـ فولتا، اليساندرو (١٧٤٥ ـ ١٨٢٧) Volta, Alessandro

عالم كهرباء إيطالى مخترع البطارية الكهربائية أو خلية فولتا Voltaic Cell وهي أداة تولد الكهرباء من التفاعلات الكيميائية بين لوحين معدنيين مختلفين مغموسين دون تلامس في محلول حمض مخفف. واخترع المؤثر الكهربى لتوليد شحنة كهربية بالتأثير وكذا «مجموعة فولتا» وهى مجموعة أقراص من معدنين مختلفين، مرتبة على التعاقب، ويفصل بينها لباد وتغمس فى محلول الكتروليتى. وسمى الفولت باسمه وهو وحدة قوة كهربائية تساوي مقدار القوة الدافعة الكهربائية التى تسبب مرور تيار مستمر ثابت قدره أمبير واحد فى مقاومة قدرها أوم واحد.

الفصل الثالث

١ ـ النجوم الثنائية ـ الثنائيات النجمية Binary Stars

نجمان يدوران حول مركز جاذبية مشترك لتقاربهما .

٢ ـ الصيغة التركيبية أو البنائية Structural Formula

صيغة كيميائية تبين ما في الجزيء من عدد الذرات وأنواعها وترتيبها أى تبين صورة بناء الذرة . وتستخدم عادة للمركبات التساهمية Covalent Compounds أى المركبات التى ترتبط فيها الذرات بعضها ببعض لكى تكون جزيئات بالتشارك في أزواج من الالكترونات . وتمثل كل وصلة تساهمية في هذا المخطط بشرطة (–) .

٣ ـ السنكروترون Synchrotron

جهاز من فصيلة السيكولوترون المستخدم لقذف نوى الذرات . ويستخدم السنكروترون لتعجيل أى زيادة سرعة الجسيمات دون الذرية كالبروتونات والالكترونات ويسمى أحيانا «معجل جسيمات» Particles Accelerator

٤ ـ التلسكوب اللاسلكى أو المقراب الراديوى Radio Telescope

جهاز يستخدم في مجال الفلك اللاسلكى لالتقاط وتحليل الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات التردد اللاسلكي للمصادر الموجودة خارج محيط الأرض . ويعمل الجهاز على جمع هذه الموجات ويبئرها تماما مثلما يعمل المقراب العاكس في جمع وتبئير موجات الضوء . ويتكون من مستقبل راديوى ومشعار (إيريال) متحرك في شكل الطاسة .

٥ ـ براه ، تايكو أو تايجي (١٥٤٦ ـ ١٦٠١) Brahe, Tycho (Tyge)

عالم فلك دانمركى المنشأ . ولكنه عاش بالقرب من براغ عاصمة تشيكوسلوفاكيا

ويعتبر أعظم راصد فلكى قبل اكتشاف التلسكوب. استهوته دراسات الفلك وألح على أحد أقاربه لأقامة معمل. استطاع تايكو عن طريقه أن يرى النجم المستعر فى برج ذات الكرسي الذي ألف عنه أول كتاب له بعنوان النجم الجديد De Nova Stella (١٥٧٣) وهو غير النجم الجديد الذي كتبه كيبلر. ألقى محاضرات في الفلك في كوبنهاجن. ترك الدانمرك في عام ١٥٩٧ ووصل إلى براغ في عام ١٥٩٩ وعاش تحت رعاية الملك ردولف الثانى. وكان قد اصطحب معمله معه. وانضم إليه هناك جلوهانز كيبلر الذى كان لا يزال شابا. ونشر له كيبلر كتابه الثاني بعد وفاته. وقد أفاد كيبلر من كتابه هذا في وضع جداوله الفلكية.

٦ ـ لورانس، ارنست أورلاندو (١٩٠١ ـ ١٩٥٨)

Lawrence, Ernest Orlando

عالم فيزياء أمريكى مخترع جهاز السيكلوترون. عمل أستاذا بجامعة كاليفورنيا ومديرا لمعمل الإشعاع. اهتم بدراسة الكهربية الضوئية Photo- electricity وبدأ فى ١٩٢٩ فى متابعة رأى أدنجتون عن أن التفاعلات النووية يمكن أن تحدث فى حالة الطاقة العالية مثلما هو الحال في النجوم. تعاون مع لنفجستون في اختراع جهاز السيكلوترون الذي استخدمه لورانس لإثارة ودراسة التفاعلات النووية وقد حصل بسبب هذا الجهاز على جائزة نوبل عام ١٩٣٩.

٧ ـ الاختلاف الظاهرى السنوى لمواقع النجوم Annual Parallax

زوغان الرؤية أو الفرق بين المحل الحقيقى للسيارات والأجرام السماوية وبين محلها الظاهرى ويرجع التغير الظاهرى فى موقع الجرم السماوىء إلى تغير مكان الراصد لا إلى حركة الجرم السماوي.

٨ ـ جهاز فوكو (بندول فوكو) Foucault's apparatus or Pendulum

كتلة معلقة بسلك رفيع طويل يمكن أن تتأرجح في أي اتجاه بدون مقاومة هوائية تذكر. وهو دليل على دوران الأرض، إذ تبدأ الكتلة حركتها في مستوى معين ثم لا يلبث هذا المستوى أن يبدو متغيرا مع دوران الأرض. وسمى بهذا الاسم نسبة إلى

مكتشفه العلامة فوكو.

٩ ـ عداد الإيماض Scintillation Counter

جهاز تتحـول فيه ومضات الضـوء الناتجة عن الفـوسفور إذا ما تعـرض لإشعاع مـــؤين Ionizing Radiation إلى نبضات كهـربائيـة عن طريق مضـاعف ضوئى الكتروني Photomultiplier وبذلك يمكن عد الأحداث المتأينة.

١٠ ـ النيوترينو Neutrino

جسم دون ذرى، متعادل كهربائيا، له كتلة صغيرة جدا أو لا كتلة له. وتنبعث النيوترينوات مع الالكترونات من نوى ذرات معينة فى أثناء بعض التفاعلات النووية مثل انحلال أشعة بيتا.

١١ ـ إشعاع موسباور Mössbauer radiation or effect

نسبة إلى ردولف لـودفيج موسبـاور عالم الفيزيـاء الألمانى المولود عـام ١٩٢٩ وله تجارب على أشعة جامـا. وقد اكتشف موسباور فى عام ١٩٥٧ إنـه في حالات معينة نجد قطاعـات كبيرة من طيف أشعة جاما المنبعثة من بعض النويـات المستثارة قد لا تتأثـر وتعاق بفعل الارتـداد النـووى أو الاهتزازات المتشـابكـة. واستخدمت نتيجـة مـوسبـاور لاختبـار تنبـؤات نظـريـــة النسبيـة ولبحث خصـائص الجوامـد وطبيعـة المغنطيسية.

١٢ ـ الوحدة الفلكية Astronomical Unit

وهي البعد المتوســط بـين الـشمس والأرض ويسـاوى تقـــريـبا ٩٢٩٠٧٠٠٠ ميل (١٤٩٥٠٠٠٠٠كم).

١٣ ـ ثابت أفوجاردو أو عدد أفوجاردو Avogardo's Number

نسبة إلى عالم الفيزيـاء الإيطالى أميديو أفوجاردو (١٧٧٦ ــ ١٨٥٦) الذى ابتكر فروضــا أساسيــة عن التكوين الجزيئى للغــازات. وقد وضع في عــام ١٨١١ قانـونا يعرف باسمه أيضا «قانون أفـوجاردو» ينص على أن الحجوم المتساوية لجميع الغازات

التى لها نفس درجة الحرارة والضغط تحتوى على عدد متساو من الجزيئات .

وثابت أفوجـاردو هو عدد الجزيئات فى وحدة معيارية من غـاز ما تعرف بحجم الوزن الجزيئى الجرامي أو في وحـدة معيارية من الوزن تعـرف بوزن الجزىء الجرامى . وهو عدد كبير جدا ولذلك يكتب عادة ٦,٠٢×١٠^٢٣ .

١٤ ـ جول ، جيمس بريسكوت (١٨١٨ ـ ١٨٨٩)

Joule, James Prescott

عالم فيـزياء إنجليـزي اشتهر ببحـوثه التجـريبية التى أثبت مـن خلالها النظـرية الميكانيكية للحـرارة تعاون مع وليم طومسون فى إجـراء سلسلة من التجارب للتحقق من تنبؤات تتعلق بعلم الديناميكا الحرارية الذى كان لا يزال علما جديدا . ومن أهم أبحاثه أيضا دراسة عن النظرية الحركية للغازات تضمنت أول تقييم لسرعة جزيئات الغاز ويعرف باسمه قانون جول Joule's Low الذي ينص على أن الحرارة الناتجة عن مرور تيار كهربائى تتناسب مع مقـاومة الموصل ومربع شدة التيار وزمن مروره ويعبر عنه كالآتي :

$$ح = \frac{ت^2 م ن}{٤,١٨} = ٠,٢٣٩١ ت^2 م ن$$

حيث ح = الحرارة بالسعرات

ت = التيار بالأمبيرات

م = المقاومة بالأومات

ن = الزمن بالثوانى

١٥ ـ قانون بويل Boyle's Law

نسبة إلى روبـرت بويل وينص على أن حاصل ضرب حجم كتلة مـا من الغاز فى ضغطها هو مقدار ثابت عند درجة حرارة معينة .

١٦ ـ قانون كولوم Coulomb's Law

نسبة إلى العالم الفرنسى كولوم، شارل أغسطين دو (١٧٣٦ ـ ١٨٠٦) الذي اشتهر بأبحاثه في الكهرباء والمغناطيسية. والقانون علاقة رياضية تعين قوة التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين. إذ تعتمد قيمة هذه القوة على مقدار الشحنتين والمسافة بينهما ونوع الوسط الفاصل بينهما. وينص على أن قوة التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين (تسلك شحنتاهما وكأنهما متمركزتان عند نقطة معينة) تتناسب مع حجم الشحنتين وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما. ويمكن استخدامه في حساب القوة بين قطبين مغناطيسيين.

١٧ ـ كيبلر، جوهانز (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) Keppler, Johannes

عالم فلك ألمانى من أسرة فقيرة. عمل خادما في إحدى الحانات ثم عاملا زراعيا قبل أن يلتحق بالمدرسة التابعة لأحد الأديرة. تنقل بين عدد من المدارس. تعلم الرياضيات والفلك على يد معلم يؤمن بنظرية كوبرنيكس. ثم عمل مدرسا للرياضيات في مدرسة بروتستانتية. وهرب من بلده على إثر حملة اضطهاد ضد البروتستانتيين وانضم إلى تايكو براهي فى مدينة براغ عام ١٦٠٠. بعد وفاة براهي تولى كيبلر منصب «الرياضى الإمبراطورى» وكان عليه أن يكمل الجداول الردولفينية التى بدأها العلامة تايكو براهي. وسميت الجداول بهذا الاسم تيمنا باسم الإمبراطور ردولف الثانى راعى كيبلر.

رفض كيبلر آراء معلمه تايكو براهي الفلكية ونظريته عن الكون. تابع حركة المريخ واكتشف أن مدارات الكواكب ليست دائرية وإنما في شكل إهليليجي، تابع بدأب دراساته الفلكية وبحوثه المعتمدة على الرصد وقدم ثلاثة قوانين متعلقة بحركة الكواكب وهي:

أ ـ مدار الكوكب قطع ناقص أي إهليليجى تكون الشمس إحدى بؤرتيه.

ب ـ يمسح الخط الذي بين الشمس والكوكب مساحات متساوية في الفضاء فى أوقات متساوية.

جـ ـ النسبة بين مربعي الزمن الدورى لأى كوكبين كالنسبة بين مكعبى البعد المتوسط لكل منهما من الشمس.

وكانت هذه القوانين بداية الطريق لعلم الفلك الحديث. ورهن كيبلر وقته بعد ذلك لإعداد جداول دقيقة قدر المستطاع تحدد مواضع الكواكب وهي المعروفة باسم «الجداول الردولفينية» التى أنجزها حتى عام ١٦٢٧.

وكيبلر له أيضا كتاب في البصريات صدر عام ١٦١١ ويعتبر من أهم الدراسات في هذا المجال قبل نيوتن.

١٨ ـ هوجنز، كريستيان (١٦٢٩ ـ ١٦٩٥) Huygens, Christian

عالم فيزياء هولندى اشتهر بإسهاماته في مجال الديناميكا والبصريات ابن قسطنطين هوجنز من أبرز شخصيات عصر النهضة في هولندا. عرف الفيلسوف الفرنسى رينيه ديكارت الذى كان صديقا لأبيه. وقابل الفيلسوف لايبنتس والعلامة نيوتن. أول من وضع فرضا علميا للنظرية الموجية عن الضوء إذ رأى أن الضوء حركة اهتزازية عبر الأثير تنتشر من أى مصدر وتعطى إحساسا بالضوء عندما تؤثر على العين. ووضع نظرية البندول المركب.

١٩ ـ دالامبيرت، جان لوروند (١٧١٧ ـ ١٧٨٣)

D'Alembert, Jean le Rond

عالم رياضيات وفيلسوف فرنسى له إسهامات عظيمة في مجال الميكانيكا. قدم دراسات هامة في الرياضيات خاصة حساب التفاضل والتكامل واستطاع أن يوضح مفهوم الحدود. كان نيوتونى النزعة في فكره الفلسفي اذ بنى أفكاره على أساس فكرة القصور الذاتي بحيث لا تغير الأجسام حركتها إلا بفعل الجاذبية أو مؤثر خارجى.

٢٠ ـ برنوللي ـ عائلة (١٦٥٤ ـ ١٧٠٥) Bernoullis **أ ـ برنوللي، جاك** Bernoulli, Jacques **عالم رياضيات سويسرى**

صاحب إسهامات عظيمة في حساب التفاضل والتكامل ونظرية الاحتمالات تعرف خلال رحلاته الواسعة بعدد كبير من علماء وفلاسفة عصره.

وضــع الحســاب اللامتنــاهــي الصــغــر Ifinitismal وإبتــدع الحساب الأســى Exponential Calculus.

٢٠ ـ ب برنوللي، جان (١٦٦٧ ـ ١٧٤٨) Bernoulli, Jean

عالم رياضيات سويسري

من أبرز مؤسسى حساب التفاضل والتكامل. الأخ الأصغر لجاك برنوللي. ويرى الباحثـون أن من العسير الفصل بين إنجازاتـه وإنجازات أخيـه الأكبر. بدأ بـدراسة الطب ثم تحول إلى الرياضيات له مؤلفات عديدة.

٢٠ ـ جـ برنوللي، دانييل (١٧٠٠ ـ ١٧٨٢) Bernoulli, Daniel

عالم رياضيـات سويسري من مؤسسى علمي ديناميكا الموائع «الهيـدروديناميكا» ونظرية حركـة الغازات. وله إسهامات عظيمة في المعادلات التفـاضلية. ابن العلامة جان برنوللي. اشتهـر بدراساته عن «مسألة سانـت بطرسبرج» الخاصة بالاحتمالات. حصل على درجة الـدكتوراه في الطب ولكنـه بعد ذلك عمل أستـاذا للريـاضيات في جـامعة سـانت بطـرسبرج ثم عـاد إلى بال ليعمل أستـاذا في التشريح وعلم النبـات والفلسفة الطبيعيـة حصل على عشر جوائز من أكاديمية العلـوم. أهم عمل إبداعى له هو كتاب «الهيدروديناميكا» صدر عام ١٧٣٨ ويضم ١٣ فصلا.

٢١ ـ أيولر، ليونارد (١٧٠٧ ـ ١٧٨٣) Euler, Leonard عالم ريـاضيات سويسرى

أغزر علماء الرياضيات إنتاجا، وكانت الهندسة عشقة الأول، هذا فضلا عن أنه دارس للاهوت واللغات الشرقية وعلم وظائف الأعضاء. عمل استاذا للرياضيات. أصيب بالعمي ولكنه استمـر في كتاباته في مجال الرياضيـات. أول إنجازاته العظيمة أنه طبق المنـاهج التحليلية على الميكانيكا. ولـه دراسة في الفلك بعنوان «نظـرية عن حركـة الكواكب والشهب» هـذا غير مؤلفات في الهيـدروديناميكـا وهو أول من فسر بوضوح دور الضغط في تدفق السوائل وصاغ العديد من المعادلات والمفاهيم الخاصة بحركة السوائل.

٢٢ ـ لاجرانج، جوزيف لوى (١٧٣٦ ـ ١٨١٣)

Lagrange, Joseph Louis

عالم رياضيات وفلك فرنسي اشتهر بدراساته في الميكانيكا النظرية. عمل أستاذا للرياضيات. تحول في آخر حياته من الرياضيات إلى دراسة موضوعات أخرى مثل الميتافيزيقا وتاريخ اللغات والكيمياء وعلم النبات. أهم أعماله كتاب «الميكانيكا التحليلية» ومن إنجازاته دراساته عن «تساوى المحيطات» وحساب التغاير.

٢٣ ـ لابلاس، بيير سيمون (١٧٤٩ ـ ١٨٢٧)

Laplace, Pierre Simon

عالم رياضيات وفلك وفيزياء فرنسى اشتهر بدراساته في الفيزياء الرياضية وميكانيا الأجرام السماوية. اقترن اسمه بالفرض العلمى الخاص بنشأة الكون الذي يفيد بأن النظام الشمسي نشأ عن سديم أولى كان يحيط بنواة شديدة الكثافة ويدور حول محور. قدم تفسيرات هامة لظواهر التباين في حركات وسرعات عديدة من كواكب المجموعة الشمسية.

٢٤ ـ جوس، كارل فريدريك (١٧٧٧ ـ ١٨٥٥)

Gauss, Karl Friederich

عالم رياضيات وفلك وفيزياء ألماني. له مؤلفات في ميكانيكا الأجرام السماوية، ونظرية الأخطاء والمغناطيسية والكهرومغناطيسية والبصريات. عمل مديرا لمرصد جوتنجن له إسهامات عظيمة في الرياضيات سبق بها كثيرين من أبرز علماء عصره.

٢٥ ـ هاملتون، سير وليام روان (١٨٠٥ ـ ١٨٦٥)

Hamilton, Sir William Rawan

عالم رياضيات إيرلندى له دراسات في البصريات وتنبأ بالانكسار المخروطى. ولكنه اشتهر بابتكار حساب الرباعيات و«مبدأ هاملتون»، أجاد عديدا من اللغات وهو لا يزال يافعا منها العربية والفارسية.

٢٦ ـ جاكوبي، كارل جوستاف (١٨٠٤ ـ ١٨٥١) Jacobi,Carl Gustav

عالم رياضيـات ألماني. له دراسات هامة في الـدالات الناقصية Elliptic Functions وصاغ نظرية عن المحددات.

٢٧ ـ هرتز ، هينريخ ردولف (١٨٥٧ ـ ١٨٩٤)

Hertz, Heinrich Rudolph

عـالم فيزيـاء ألماني لـه تجارب هامـة ورائدة في البصريات والموجـات الكهـربائيـة والتأثير الكهروضوئي.

الفصل الرابع

١ ـ قانون التربيع العكسي : Inverse - Square Law

في الفيزياء مبدأ ينص على أن شدة الطاقة الواردة من النقطة المصدر تتناقص تبعا لمربع البعد عن المصدر. فإذا ضوعفت المسافة، فإن الشدة تبلغ ربع الشدة الأصلية، وإذا زيدت المسافة إلى ثلاثة أمثال المسافة الأصلية، فإن الشدة تنقص إلى تسع الشدة الأصلية. ويتحقق قانون التربيع العكسى في حالات قوى الجذبية والمغناطيسية وكذلك في كثير من الصور الأخرى للطاقة.

٢ ـ هلمولتز، هيرمان لودفيج (١٨٢١ ـ ١٨٩٤)
Helmholtz, Herman Ludwig

عالم ألماني اشتهر بإسهاماته في علم وظائف الأعضاء والفيزياء النظرية. عمل أستاذا للفسيولوجيا درس العلاقة بين الألياف العصبية والخلايا العصبية ودرس حرارة جسم الحيوان وقد كانت مدخلا لابحاثه عن حفظ الطاقة. وله دراسات في البصريات الفسيولوجية أفضت إلى اكتشاف جهاز فحص العين Ophtalmoscope اتبع هذا ببحوث في اللون بما في ذلك مشكلة العمى اللوني وتكيف نشاط العين. وله دراسات أيضا في السمعيات وتوافق الأصوات. ومن أهم دراساته أيضا سرعة النبض العصبي.

٣ ـ ديكارت، رينيه (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) Descartes, René

فيلسوف فرنسي وعالم رياضيات وفيزياء وفسيولوجيا. درس الرياضيات والفلسفة والفلك والأرصاد والتشريح والبصريات والموسيقي. استقر في هولندا

طليعة البلدان الرأسمالية في عصره. اضطهده رجال الدين ورحل إلى السويد. أقر في مجال الفلك نظرة كوبرنيكوس عن مزكرية الأرض وآمن بأن الكون لا نهائي. كان على وشك الانتهاء من كتاب في الفلك يعبر فيه عن رأيه هذا ولكنه أحجم بعد أن عرف ما أصاب جاليليو. عرض آراءه الفلسفية في ثلاثة كتب «مقال في المنهج» و«تأملات ميتافيزيقية» و«أسس الفلسفة».

تشكل فلسفته نسيجا واحد مع الرياضيات ونظريته عن نشأة الكون والفيزياء. وهو أحد مؤسسي الهندسة التحليلية. وقال في الميكانيكا بنسبية الحركة والسكون، وصاغ قانون الفعل ورد الفعل. وعن نشأة الكون قال بالتطور الطبيعى للنظام الشمسي، وذهب إلى أن الحركة الدورانية للجزيئات هي الصورة الأساسية لحركة المادة الكونية. وإن هذه الحركة هي التى حددت بنية العالم ونشأة الأجرام السماوية. وقال إن الله خلق المادة والحركة والسكون، وحدد كم الحركة والسكون في المادة.

قال إن الهدف النهائي للمعرفة هو سيطرة الإنسان على قوى الطبيعة واكتشاف وابتكار الأدوات التقنية التي تهيء له هذه السيطرة، وإدراك الأسباب والنتائج والارتقاء بطبيعة الإنسان. ووصولا إلى هذا يجب على المرء ألا يؤمن بشيء إلا بعد أن يثبت له بالبرهان ويطمئن إليه على أساس من اليقين. وكان هذا مدخله إلى الشك وصولا إلى اليقين أي الشك كمنهج للمعرفة اليقينية الذي انتهى به إلى نقطة بدء رأى أنها يقينية لا يمكن الشك فيها وأوجزها في عبارته الشهيرة «أنا أفكر إذن فأنا موجود» وبنى كل الحقائق اليقينية على أساس هذا المبدأ الأولى.

ويعتبر ديكارت في مجال المعرفة مؤسس النزعة العقلانية التي نبعت من فهمه لطبيعة الرياضيات المنطقية. فالرياضيات لها طبيعة العقل من حيث الشمول والضرورة.

الفصل الخامس

١ ـ فتجنشتين، لودفيج (١٨٨٩ ـ ١٩٥١) Wittgenstein, Ludwig

فيلسوف وعالم منطق نمساوي. وهو أحد مؤسسي الفلسفة التحليلية. دعا إلى استخدام لغة «كاملة منطقيا» أو مثالية» وهي اللغة التي تجسدت في لغة المنطق الرياضي التى عرضها الفيلسوفان برتراند رسل ووايتهد في كتابيهما «أسس الرياضيات». وهذه محاولة لتطبيق النزعة الشكلية المنطقية على جميع أنواع المعارف، وتصورها كأنها جماع أحكام أولية تربط بينها علاقات إتصال وانفصال منطقية. وكل ما لا يدخل ضمن نمط اللغة «المثالية» ـ مثل الفلسفة التقليدية أو الأخلاق . . . إلخ فهو فارغ من المعنى العلمي. ودور الفلسفة قاصر على «نقد اللغة» واللغة هي الوجود والفكر معا إذ لا وجود لحقيقة موضوعية مستقلة عن الوعي.

٢ ـ نظرية الكم (الكوانطا) Quantum Theory

وهي النظرية المبنية على المفهوم الذي أدخله ماكس بلانك في الفيزياء عن عدم إتصال الطاقة. وانبثقت عن هذا المفهوم ميكانيكا الكم خلال النصف الأول من القرن العشرين. وميكانيكا الكم هي فرع من الفيزياء يدرس ظواهر الكون الأصغر أي عالم الكائنات أو المواد الصغيرة Microcosm. وشارك في تأسيس هذا العلم كل من عالم الفيزياء الألماني ماكسى بلانك (١٨٥٨ ـ ١٨٤٧) وعالم الفيزياء الدانمركي نيلز بور (١٨٨٥ ــ ١٩٦٢) وعالم الفيزياء الألماني هيزنبرج (١٩٠١ ــ ١٩٧٦). واسهمت ميكانيكا الكم في تفسير كثير جدا من الظواهر فى علوم الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا، كما كان لها أثرها القوي في مجال الفكر الفلسفي. وفي مجال الفيزياء تفسر نظرية الكم الظواهر الملازمة للضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية

على أنها حزم أو فوتونات. إذ تنبعث الطاقة الإشعاعية في كمات أي حزم طاقة تحمل كل كمة مقدارا من الطاقة يساوي حاصل ضرب ثابت بلانك (٦٫٦٢٥×١٠^-٢٧ أ/ج ثانية) في التردد. وفسر بلانك على أساسها توزيع طاقة إشعاع الجسم الأسود. واستخدم أينشتين نظرية الكم في تفسير الكهربية الضوئية. وطبق نيلز بور فكرة الكم على كمية تحرك الألكترونات في الذرة واستطاع وضع أول نموذج للذرة أثبت به أن الذرة تبعث الطاقة وتمتصها بكمات محددة منفصلة. وعدلت النظرية إلى أن وضعت في إطار جديد باسم الميكانيكا الموجية.

٣ـ ليبنتز، جوتفريد فيلهيلم (١٦٤٦ـ١٧١٦)

Leibniz, Gottfried Wilhelm

فيلسوف وعالم ألماني له إسهامات عظيمة في مجال الرياضيات. هو أحد مبتكري حساب التفاضل والتكامل. وله آراء متقدمة عن نظرية حفظ الطاقة. وكان أيضا عالم جيولوجيا وبيولوجيا ومؤرخا وعالم لغة فضلا عن ابتكاراته التقنية العديدة. راوده منذ شبابه طموح إلى إصلاح العلوم عن طريق إستخدام لغة علمية شاملة وحساب خاص بالاستدلال العقلي.

وضع أسس المثالية الموضوعية في الفلسفة التي عبر عنها بنظرية الموناد أو الجوهر الأول الروحي بديلا عن المادة لأنها إمتداد قابل للانقسام. وقال أن معيار الصدق هو وضوح المعرفة وانتفاء التناقض.

الفصل السادس

١ ـ سكيل، كارل فيلهيلم (١٧٤٢ ـ ١٧٨٦)

Scheele, Carl Wilhelm

عـالم سويـدي. اشتهر بـاعتبـارة «مكتشف» الأكسجين وبعض الإكتشافـات الكيميائية الأخـرى. كان محافظا في تفكيره بالنسبـة للنظرية الكيميائيـة ولذلك ظل ملتزما بنظـرية الفلوجستون حتى آخر حياتـه. والمعروف أنه اكتشف الأكسجين قبل جوزيف بريستلي بعام على الأقل ولكن كتابه الذي عرض فيه تجاربه في هذا الشأن لم يصدر إلا عام ١٧٧٧. وبحث أيضا أثر الضـوء على أملاح الفضة. وأجرى سلسلة من البحوث أثبت فيها أن الهواء يتكون من عنصرين أحدهما يساعد على الاحتراق

٢ ـ بريستلي، جوزيف (١٧٣٣ ـ ١٨٠٤) Priestly, Joseph

عـالم كيمياء إنجليـزي، ورجل دين وعالم تـربية وبطل من أبطـال الحرية. كـان غزير الإنتاج ألف في بداية حيـاته دراسات عن الإبصار والضوء والألوان، ومن أهم كتبه «تجارب ومشاهدات خاصة بأنواع الهواء المختلفة» وتضمن أهم نتائج تجاربه على الغازات ووضع أسـاليب تقنية جـديدة لمعالجة الغـازات. وفي عام ١٧٧٤ حضر في المعمل الأكسجين عن طـريق تسخين أكسيد الـزئبق وحدد خصـائصه على أسـاس تجارب كثيرة على الفئران والنبـاتات. وأوشك على اكتشاف غـازات أخرى كثيرة مثل غاز النشـادر، وثاني أكسيد الكبريت وغيرهما. وعلى الـرغم من ذلك ظل حتى آخر حياته ملتزما بنظرية الفلوجستون.

٣ ـ رونتجن، فيلهم كونراد (١٨٤٣ ـ ١٩٢٣)

Roentgen, Wilhelm Konrad

عالم فيزياء ألماني، نال جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٠١ لاكتشافه الأشعة السينية.

٤ ـ كروكس، سيروليام Crookes, Sir William

عـالم فيزيـاء إنجليـزي. اكتشف عنصر الثاليـوم واشتهـر بأبحـاثه عن الأشعـة المهبطية.

٥ ـ لورد كلفن أوطومسون، وليم (١٨٢٤ ـ ١٩٠٧)
Kelvin, Lord or Thomson William

عالم فيـزياء أيرلنـدي له إسهامـات كثيرة في مجال الفيزيـاء النظرية والتجـريبية. تعـاون مع فارادای في العمل على صيـاغة نظـريـة المجال الكهـرومغناطيسي. قـدم دراسات عظيمة الشأن في الكهربية والمغناطيسية والدينكاميكا الحرارية.

الفصل السابع

١ ـ إشعاع الجسم الأسود Black Body Radiation

الجسم الأسود جسم أو سطح وهمي حالك السواد يمتص جميع الطاقة الإشعاعية التي تسقط عليه وإشعاع الجسم الأسود يقصد به الإشعاع الكامل أو التام أي إشعاع كل الترددات وكأنه ينبعث من «جسم أسود» مثالى. ومعامل اتصال الجسم الأسود تساوي ١، بمعنى أن نسبة الفيض الذي يمتصه الجسم الأسود إلى الفيض الساقط عليه = ١. ولهذا فإن الإشعاع المنبعث منه يعد دالة عن الحرارة فقط.

٢ ـ الأفلاطونية الجديدة Neoplatonism

تيار فلسفي صوفي ظهر في عصر انحطاط الإمبراطورية الرومانية (من القرن الثالث إلى القرن السادس الميلادي). وظهرت أول ما ظهرت في مصر على يد أفلوطين الذي أسس مدرسة فلسفية في الإسكندرية. كما أسس بروقلوس مدرسة أخرى في أثينا استمرت حتي ٥٢٩م. وأثرت الأفلاطونية الجديدة تأثيرا كبيرا على المسيحية وعلى الفكر الصوفي الإسلامي.

٣ ـ ستوكس، جورج جابرييل (١٨١٩ ـ ١٩٠٣)

Stokes, George Gabriel

عالم فيزياء ورياضي إنجليزي اشتهر بدراساته في ديناميكا الموائع (الهيدروديناميكا) وظاهرة ضوء الفلورسنت وهو أول من صاغ هذه الكلمة. إذ اكتشف أن بعض المحاليل عديمة اللون بطبيعتها ولكنها تبدو زرقاء في حالات

بذاتها. وأوضح ستوكس أن ظاهرة الفلورسنت تحدث نتيجة الضوء فوق البنفسجي. ومن إنجازاته أيضا دراسته عن تباين الجاذبية على سطح الأرض.

٤ - مايكلسون، البرت أبراهام (١٨٢٥ - ١٩٣١)

Michelson, Albert Abraham

عالم فيزياء أمريكي. بولندى المولد. اشتهر بتجربة مايكلسون - مورلي لقياس حركة الأرض عبر الأثير. ألف أبحاثا عن سرعة الضوء وكانت أبحاثه وتجربته مرحلة حاسمة على الطريق إلى نظرية أينشتين عن النسبية.

٥ - مورلى، أدوارد وليامز (١٨٣٨ - ١٩٢٣)

Morley, Edward Williams

عالم كيمياء وفيزياء اشتهر بدراساته عن كثافة الأكسجين والهيدروجين وكذلك تعاونه مع مايكلسون في تجربتهما بشأن قياس حركة الأرض عبر الأثير، كما تميز بقدرات فائقة في مجال اختراع وتصميم الأجهزة للتجارب مثل جهاز قياس التداخل Interometer لقياس الأطوال على أطوال موجات الضوء وهو الجهاز المستخدم في تجربته هو ومايكلسون لقياس الحركة النسبية للأرض والأثير كوسط ناقل للضوء.

٦ - لورنتز، هندريك أنطون (١٨٥٣ - ١٩٢٨)

Lorentz, Hendrik Antoon

عالم فيزياء ولد في هولندا - قدم دراسات وأبحاث قيمة في مجال الكهرومغنطيسية. قدم حلولا لبعض المشكلات التي كشفت عنها معادلات كلارك ماكسويل وذلك من خلال نظرية الاكترون والتى نال عليها جائزة نوبل عام ١٩٠٢.

٧ - فتزيجرالد، جورج فرنسيس (١٨٥١ - ١٩٠١)

Fitzgerald, George Francis

عالم فيزياء نظرية. اشتهر بالفرض العلمى المعروف باسم «انقباض فتزيجرالد

لتفسير النتيجة السالبة لتجربة مايكلسون ومورلي عن Fitzgerald Contraction سرعة الضوء. عمل على تطوير نظرية الإشعاع الكهرومغنيطي التى وضعها كلارك ماكسويل.

٨ - أرسطارخوس الساموي «أوف ساموس» (٣١٠ - ٢٣٠ق. م) Aris-tarchus Of Samos **عالم فلك يوناني**

أول من حاول تحديد الأبعاد النسبية بين الشمس والقمر فى ضوء استدلال هندسى دقيق مبنى على معلومات يستقيها من المشاهدة. ابتكر مزولة شمسية نصف دائرية. له كتاب عنوانه «عن حجم وأبعاد الشمس والقمر». من أوائل من قالوا إن الأرض تدور حول نفسها وتدور في فلك لها حول الشمس. اتهمه رجال الدين بأنه بآرائه هذه أقلق راحة الآلهة.

٩ - ري، جان (١٥٨٣ - ١٦٤٥) Rey, Jean

عالم كيمياء فرنسى - اكتشف زيادة أوزان المعادن المحماة عند ملامستها للهواء.

١٠ - هوك، روبرت (١٦٣٥ - ١٧٠٣) Hooke, Robert

عالم فلك ورياضيات إنجليزى. عرض في كتابه Micrographia نظرية موجية عن الضوء. ورأى أن ذبذبات الضوء تنتشر مثل انتشار موجات الماء. ووضع نظرية عن حركة الكواكب على أساس مبدأ القصور الذاتي والتوازن بين قوة الطرد المركزية إلى الخارج وقوة الجذب إلى الداخل مع الشمس.

١١ - مايو، جون (١٦٤١ - ١٦٨٩) Mayow, John

عالم إنجليزى درس القانون والطب، اهتم بدراسة عملية التنفس تجريبيا. كشف عن أوجه التماثل بين عمليتي الاحتراق والتنفس واستهلاك جزء من الهواء.

الفصل الثامن

١ ـ دالتون، جون (١٧٦٦ ـ ١٨٤٤) Dalton, John

عالم إنجليزي صاغ النظرية الذرية لتفسير التفاعلات الكيميائية على أساس مفهوم أن ذرات العناصر المختلفة تتمايز بناء على اختلاف أوزانها. بمعنى أن ذرات أى عنصر متساوية حجما ووزنا، ولكن الذرة تختلف باختلاف العناصر، وتتحد ذرات العناصر كيميائيا بنسبة عددية بسيطة لتكون المركبات. ولم يحدد دالتون الفرق بين الذرة والجزيء حتى جاء أفوجاد فأطلق كلمة جزيء على الجسيمات سريعة الحركة التي يتكون منها الغاز. وصاغ أيضا قانون دالتون وينص على أن الضغط الكلي الناتج من خلط الغازات يساوي مجموع الضغوط لكل غاز في المخلوط وكأن كلا منها يعمل مستقلا عن الآخر.

٢ ـ كليروت، الكسيس (١٧١٣ ـ ١٧٦٥) Clairaut, Alexis

عالم رياضيات وفلك فرنسي.

٣ ـ باولي، فولت جانج أرنست (١٩١٠ — ١٩٥٨) Pauli, Wolfgang

عالم فيزياء نظرية سويسرى حائز على جائزة نوبل عام ١٩٤٥ لأعماله ودراساته عن الكترونات وبنية الذرات. واشتهر بمبدأ الاستبعاد Exclusion الذي أضاف به درجة جديدة من الحرية للالكترون. وقال باولي بوجود جزيء جديد أطلق عليه اسم النيوترينو متعادل الشحنة ويمثل كتلة صغيرة جدا.

٤ ـ هيزنبرج، فيرنر كارل (١٩٠١ ـ ١٩٧٦) Heisenberg, Werner Karl

عالم فيزياء ألمانى وفيلسوف. مؤسس ميكانيكا الكم «الكوانطا». وضع في عام ١٩٢٧ نسقا أطلق عليه اسم «ميكانيكا المصفوفات Matri Mechanics اكتشف

تآصلية Allotropics أشكال الأيـدروجين بمعنى اختلافهـا في الشكل وتماثلها من حيث التركيب الكيميائي. حصـل على جائزة نوبل عـام ١٩٣٢ . أهم ما إشتهـر به فلسفيـا ما عـرف باسم «مبـدأ عدم اليقين» بشأن استحـالة أن تحدد في وقت واحـد وبدقة كاملة مكان وكمية حـركة أي جسم. وأثار حوارا فلسفيا خصبا وعميقا اشترك فيه أيضـا أينشتين. أهم كتبه الفلسفيـة في هذا الشأن Philosophic Problems Of Nuclear Scienceتحول تدريجيا عن النظرة الوضعية لمدرسة كوبنهاجن الفلسفية إلى المثالية الموضوعية المأثورة عن أفلاطون.

٥ ـ الجشطلت Gestalt

مصطلح الجشطلت يعني: الصيغة أو الشكل أو النمط أو البنية أو التكوين أي الكل المتكامل وليـس مجرد حاصل جمع عددى لـوحدات أو أجـزاء. وهو المصطلح الـذي تسمت به مـدرسـة في علم النفس وهي مـدرسة الجشطلت التي طبقت هـذا المفهوم بداية على الإدراك أساسا ثم أفادت به في مجالات أخرى مثل التعلم.

ونشأت مــدرسـة الجشطلت في ألمانيـا عـام ١٩١٢ وأول من استخــدم كلمـة جشطلت هو عالم النفس فـون اهرنفلز von Ehrenfels (١٨٥٩ ــ ١٩٣٢). ومن أبرز علماء هذه المدرسـةم. فرتيمر M.Wertheimer (١٨٨٠ ـ ١٩٤٤) وف. كيلـر W.Köhler (١٨٨٧ ـ ١٩٦٧) وك. كـوفكا K.Koffa (١٨٨٦ ـ ١٩٤١). وترتكز هـذه المدرسة فلسفيـا على أفكـار كل من الفيلسوف هـوسرل ومـاخ. وظهرت هـذه المدرسة كـرد فعل ضد علم النفس الذري بكل ضروبه ومن ذلك المدرسـة الترابطية، كما تعارض المدرسة السلوكية والمدرسسة الاستبطانية. وتبنى فرضها الأساسي على أن العمليات العقلية والسلوكية لا يمكن تحليلهـا إلى وحدات وجزيئات منفصلة، نظرا لأن الطابع الكلي والصيغـة المنتظمة قسمتان أصليتـان لهذه العمليات منذ البـداية، وأن هـذا الطابع الكلي لا يمكـن استخلاصـه عن طـريق تجميع الأجـزاء وعلاقـاتها ببعضها.

ولهذا تبحث هـذه المدرسة فيما اسمته البنـي النفسية Psychic Structures أو

الصيغ أو الكليات المنتظمة بـديلا عن الإحساسات أو الوحـدات الحسية. وترى أن هذه الصيغ أو الكليات المنتظمة هي الأولى والأساس الـذي يعمل الذهن على هدية وانطـلاقا منـه. وتـرى مدرسـة الجشطلت أن صيـاغـة هذه البني تخضع للملكـات النفسيـة الطبيعية الأصيلـة لدى الأفـراد وهي الملكـات التى تنزع بطبيعتهـا إلى خلق أشكال أو صيغ بسيطة متماثلـة ومغلقة. ومن ثم تؤكد أن الظـواهر النفسية، حسب هذا التفسير، هي جشطلت أي صيغ كليـة منتظمة وغير مقسمة ومترابطة ومتكـاملة وخصـائص الصيغة الكليـة ليست هي حـاصل مجموع الأجـزاء بل على العكس فإن الأجزاء هي التي تستمـد. خصائصها مـن عضويتها ضمن الكل. إن الأجـزاء هنا أشبه بالنغم في سيـاق لحن واحد ممتد ومتكامل البناء، والـذي يستحيل أن نقول أنه حاصـل مجموعة الأنغـام كمفردات أيـا كانت وفي أي وضع. وإنما يمكـن أن نؤدي اللحن بآلات كثيرة مختلفة وتوزيع متباين وقـرارات صوتية متنوعة بحيث يكون مجمل الأنغام مختلفا عن الآخر. وكذلك الحال في مجال السلوك إذ تنفى نظرية الجشطلت أن الاستجابة إلى مـوقف ما يمكن أن نضعه في إطار مجموع استجـابات منفصلة بل هي استجابة كلية متكاملة إزاء الموقف كله في مجموعة.

والملاحظ أن علماء الجشلطت يعزون الصيغـة الكلية للبني النفسيـة إلى «قوانين» ذاتيـة جبلية وأصيلـة مع إغفال لطبيعـة العلاقـة بين الفرد والبيئـة وأنشطته العلميـة والتاريخ. وقد امتد تأثير هذه المدرسة بحيث بدأ تطبيق هذا الفهم على ظواهر أخرى طبيعية وفسيـولوجيـة واجتماعية بل واقتصـادية. وأهم مجالات تطبيقهـا التعلم ثم في علم الاجتماع والفلسفة وعلم اللغـة حيث ظهرت المدرسة البنيويـة في تفسير الظواهر الاجتماعية واللغوية. وقد انتقد العلامة الروسي بافلوف هذه المدرسة وأكد أن الوحدة الأولى للإدراك هي الفعل المنعكس ثم يأتي الكل بعد الجزء في صورته المتكاملة.

٦ ـ بقاء وعدم بقاء التماثل

Parity Conservation and Parity non Conservation

بـدأ تماثل الانعكاس في الفضـاء Principle Of Space Reflection أو بقـاء التماثل، يقضي بأنـه لا يـوجد تمايـز أسـاسي بين اليسار واليمين، بمعنى أن قـوانين

الفيزياء واحدة في مجموعة إحداثيات بمعنى مثلما هي في مجموعة إحداثيات يسرى. وكان هذا القانون مطبقا على جميع الظواهر التى تناولتها الفيزياء الكلاسيكية، ولكن ثبت في عام ١٦٥٧ أنه غير صحيح بالنسبة لبعض التفاعلات بين الجزيئات الأولية. وتبين أن التماثل يظل باقيا بالنسبة لجميع التفاعلات القوية النووية والكهرومغناطيسية. ولكن تبين أيضا أن التماثل غير باق بالنسبة للتفاعلات النووية الضعيفة. حيث أنه في حالة التفاعل النووي الضعيف مثل خمود أو انحلال النيوترون يكون الالكترون المنبعث مستقطبا يسارا.

٧ ـ بور، نيلز (١٨٨٥ ـ ١٩٦٢) Bohr, Niels

عالم فيزياء دانمركي. اشتهر ببحوثه في تركيب الذرة التي أجراها بمعامل «كافندش» بإشراف ج. م. طومسون، وبمعامل «مانشستر» بإشراف رذرفورد. وضع نموذج الذرة المعروف باسمه. صاغ النظرية الكمية عن البنية الالكترونية لذرة الهيدروجين وعن نشأة الخطوط الطبقية للهيدروجين والهليوم. وتقضى نظريته بأن الذرة تتكون من نواة موجبة التكهرب تتركز فيها كتلة الذرة، تدور حولها الالكترونات السالبة التكهرب بمناسيب طاقة قشرية محددة وبذلك وفق بين نظرية الكم «الكوانطا» وبين النموذج المعروف وقتئذ للذرة. نال جائزة نوبل في الفيزيقا عام ١٩٢٢. أسهم في بحوث القنبلة الذرية في الولايات المتحدة الأمريكية. من مؤلفاته «نظرية الطيف وبناء الذرة» ١٩٢٢ و«نظرية الذرة ووصف الطبيعة» ١٩٣٤.

تمثلت اهتمامات بور العلمية في نقطة الاتصال بين الفيزياء والفلسفة ـ في إطار تحليل مفاهيم نظريات الفيزياء.

صاغ في عام ١٩١٣ ما يعرف باسم مبدأ التطابق Correspondenco Principle وهو أحد مناهج البحث الأساسية التي تحكم تطور العلم. ويعبر فلسفيا عن حركة المعرفة من الحقيقة النسبية إلى الحقيقة المطلقة عبر مزيد من الحقائق التي تتزايد اكتمالا.

وصاغ مبدأ التتمة أو التكميلية Complementarity أو منهج الوصف التكميلى

لوصف ميكانيكا الكم، يهدف التغلب على الصعوبات المنهجية في ميكانيكا الكم. وقـد تم تطبيق هذا المنهـج في مجالات مختلفة للمعـرفـة في تحليل المواقف التبادليـة أو المتقـابلة. ولكنـه تحول في آخر حيـاته عن النـزعة الـوضعية ونـزع إلى التفسير المادي والجدلي في مشكلات ميكـانيكا الكم وفي نظريـة المعرفة. وعنى بمبحث المعـرفة في ضوء نتائج أبحاثه التى تؤكد أن الطبيعة تتطور في حركة جدلية.

٨ ـ مالوس، اتيين لوي (١٧٧٥ ـ ١٨١٢) Malus, Etienne Louis

عالم فيزياء فرنسي اكتشف استقطاب الضوء.

الفصل التاسع

١ ـ استدلال دوراني أو محاجة دورانية Circularity أو دوران فكري

الدائرة الخبيثة وهي خطأ منطقي نابع من أسلوب الاستدلال حيث يكون الدليل مبنيا على المقدمة المطلوب إثبات صدقها أصلا.

٢ ـ بقاء الطاقة Conservation Of Energy

مبدأ ينص على أن الكمية الكلية للطاقة في نظام مغلق ثابتة. وطبقا لهذا المبدأ يمكن تحويل الطاقة من شكل إلى آخر ـ من ضوء إلى حرارة مثلا ـ ولكن لا يمكن خلقها أو إفناؤها، إلا في التفاعلات النووية. وفي هذه التفاعلات قد تتحول الطاقة إلى كميات صغيرة من المادة أو قد يحدث العكس.

٣ ـ فرين، سير كرستوفر (١٦٣٢ ـ ١٧٢٣) Wren, Sir Christopher

رياضي ومعماري إنجليزى. عمل أستاذا للفلك. بنى مرصيد جرينتش. له بعض الإنجازات الرياضية. أبدى اهتماما متزايدا بالهندسة المعمارية منذ عام ١٦٦٨.

٤ ـ واليس، جون (١٦١٦ ـ ١٧٠٣) Wallis, John

باحث ورياضي إنجليزى. له إسهامات كثيرة في مجال الرياضة والهندسة التحليلية.

الفصل العاشر

١ ـ غرفة الفقاعات Bubble Chamber

حجرة بها سائل فوق ساخن يمر خلاله جسم ذرى فيحدث خيطا من الفقاعات على طول مسيره، ومن الممكن تصوير هذا المسير لدراسته.

٢ ـ جيمس، وليام (١٨٤٢ ـ ١٨١٠) James, William

عالم نفسي وفيلسوف مثالي أمريكي. أحد مؤسسي الفلسفة البرجماتية ومن أنصار فكرة التعددية من مؤلفاته «مبادىء علم النفس» و«إرادة الاعتقاد» و«صنوف من الخبرة الدينية» و«البراجماتية» النفس عنده تيار من الشعور. والنتيجة النافعة معيار الحق. والواقع خبرة شعورية خالصة. والإحساسات تيار دافق يختار المرء من بينها، بفعل الإرادة ما يراه نافعا ومجديا، وبدون فعل الإرادة هذا لن يبق سواء عماء زاخر بالطنين.

٣ ـ هيرشيل، سيروليام (١٧٣٨ ـ ١٨٢٢ Herschel, Sir William

عالم فلك إنجليزي. مكتشف كوكب أورانوس وتابعين له ثم تابعين لكوكب زحل. واكتشف الحركة الذاتية للشمس. واكتشف صورة المجرة أو الطريق اللبني. واكتشف أيضا الأشعة تحت الحمراء في ضوء الشمس.

٤ ـ بود، جوهان البرت (١٧٤٧ ـ ١٨٢٦) Bode, Johan Elert

عالم فلك ألماني. اشتهر بالقانون الذي اقترن باسمه قانون بود. وكان قد اقترح هذا القانون من قبل جوهان دانييل تينيوس Johann Daniel, Titius (١٧٢٩ ـ ١٧٩٦) وروج له بود. والقانون إيجاز دقيق لمتوسط أنصاف أقطار مدارات

الكواكب. ويبين متوسط الأبعاد النسبية للكواكب من الشمس.

٥ ـ السرعة الحدية أو السرعة النهائية Terminal, Velocity

هي أكبر سرعة يكتسبها جسم ما عند سقوطه سقوطا حرا. وهي سرعة ثابتة المقدار وتحدث عندما تساوي قوة مقاومة الهواء للجسم الساقط قوة الجاذبية.

٦ ـ بوريدان، جان (حوالي ١٣٠٠ — ١٣٥٨) Buridan, Jean

من مفكري العصر المدرسي. تنسب إليه الحجة المعروفة باسم حجة حمار بوريدان التي تصور موقف إنسان تحدوه رغبة في الاختيار بين أمرين متعادلين وعاجز عن أن يحسم أمره لتساوى الكفتين.

٧ ـ أوريزم. نيقولا (حوالي ١٣٢٥ ـ ١٣٨٢) Oresme, Nicole d'

رجل دين وعالم من علماء العصر المدرسي.

٨ ـ موشينبر ويك، فان (١٦٩٢ ـ ١٧٦١) Musschen Broek

عالم فيزياء هولندى مبتكر وعاء ليدن.

٩ ـ قانون النسب الثابتة Law of Constant Composition

كل مركب كيميائي محدد يحتوى دائما على نفس العناصر المتحدة كيميائيا بنفس النسب المقدرة حسب وزن مكوناتها.

١٠ ـ رختر، بنيامين (١٧٦٢ ـ ١٨٠٧) Richter, Benjamin

كيميائي ألماني صاحب قانون الاعداد المتناسبة.

١١ ـ المكافئات الكيميائية Chemical Equivalents

الأوزان المكافئة أو أوزان الاتحاد. نسب اتحاد المواد على أساس الوزن بالقياس إلى الإيدروجين باعتباره المعيار. ومكافيء عنصر ما هو عدد الجرامات من هذا العنصر التي يمكن أن تتحد مع، أو تحل محل، جرام واحد من الإيدروجين أو ٨ جرام من

الأكسجين. والمكافىء بالجرام أو الوزن المكافىء هو المكافيء معبرا عنه بالجرامات. ويقاس مكافيء عنصر ما بالجرامات.

والمكافيء هو حاصل قسمة الوزن الذري لعنصر ما على تكافئة في تفاعل كيميائي معلوم، ويعني أيضا وزن العنصر الذي يتحد مع ٧,٩٩٩ جرام من الأكسجين أو ١,٠٠٧٩٧ جرام من الهيدروجين.

١٢ ـ بروست، لوي جوزيف (١٧٥٤ ـ ١٨٢٦) Proust, Louis Joseph

عالم كيميائي فرنسي. من أنصار قانون النسبة الثابتة Law Of Constant Com-oasition كان يعنيه التحليل أكثر من النظرية. أيد الأطروحة القائلة أن المركبات الكيميائية ذات نسب محددة وثابتة. وهو في هذا يعارض الرأي السائد الذي كان يدعو له برتوليت الذي يقول فيه أن المركبات الكيميائية يمكن أن تتغير نسبها على نطاق واسع. وإنتهى الجدال إلى صواب رأي بروست مما ساعد على صياغة النظرية الذرية. وأخفق بروست تماما في اكتشاف قانون النسب المتضاعفة Law Of Multi-ple Compositon على الرغم من أنه (كما أوضح جون دالتون) كان متضمنا في بعض النتائج التي توصل إليها.

١٣ ـ برتوليت، كلود ـ لوي (١٧٤٨ ـ ١٨٢٢)
Berthollet, Claude - Louis

عالم كيمياء فرنسى. درس الطب ومارسه. ثم درس الكيمياء. كان باحثا متميزا. وكان صديقا لنابليون بونابرت الذي أوفده إلى إيطاليا في عام ١٧٩٦ لجمع كنوز فنية، كما أوفده إلى مصر في عام ١٧٩٨ للمساهمة في تأسيس «معهد مصر». من أوائل من عارضوا نظرية الفلوجستون، له اكتشافات كثيرة أصيلة في مجال الكيمياء غير العضوية. وساعدت أبحاثه النظرية عن الكلور ومركباته على وضع أسس الكيمياء الحديثة لهذا العنصر، واستخدامه لأغراض صناعية عديدة. وتتعلق أهم أعماله بالتفاعلات الكيميائية والنسب في المركبات الكيميائية التى استقى أفكاره عنها من خلال جهوده الصناعية. أهم كتبه في هذا الصدد «الكيمياء الإستاتيكية»

دخل في صراع نظرى حـاد وطويل مع العـلامة بـروست . إذ كان بـرتوليت يـؤكد أن نسب المركب الكيميائي تتغير بتغير نسب المواد الداخلـة في التفاعل التى يتكون منها المركب عـلاوة على الشروط الفيزيقيـة للتفـاعل . بينما رأي بـروست أن النسب ثابتـة ومحددة .

١٤ ـ جاي ـ لوساك ، جوزيف لوي (١٧٧٨ ـ ١٨٥٠)

Gay - Lussac, Joseph Louis

عالم كيمياء وفيزيـاء فرنسي . عمل أستاذا للكيمياء ومساعدا للعـلامة برتوليث . اشتهر بأبحاثه في قوانين الغازات وخصائص اليود والسيانوجين . اكتشف قانون تمدد الغازات بفعل الحرارة الـذي عرف بعـد ذلك باسم قـانو شارلس . ومـن أهم أعماله قـانـون الأحجـام المتحـدة للغـازات Law Of Combining Volumes Of Gases ويفيد بأن الغازات تتحد بنسب متكاملة على أساس الحجم .

الفصل الحادي عشر

١ ـ وايتهيد، الفريد نورث (١٨٦١ ـ ١٩٤٧)
Whitehead, Alfred North

فيلسوف وعالم رياضيات بريطاني عاش في بريطانيا حتي عام ١٩٣٧ ثم نزح إلى أمريكا. أحد مؤسسي المنطق الرياضي. أول كتبه الهامة كتاب «رسالة عن الجبر الشامل» Treatise Of Universl Algebra ١٨٩٨ وهو محاولة لتوسيع نطاق جهود هاملتون بشأن الرباعيات Quaternions والمنطق الرمزي عند بول Boole ودمجهما معا. وأبدى اهتماما كبيرا هو وبرتراند رسل بجهود بيانو عن المنطق الرمزي، وأفادا بمنهج بيانو في البحث وعملا على تطبيقه في مجال الأسس المنطقية للرياضيات. ونجد هذا ضمن كتابهما المشترك «أسس الرياضيات» Principia Mathematica وتركز اهتمام وايتهيد بعد ذلك على نظرية المعرفة والميتافيزيقا، وله كتابات في الفلسفة ونظرية النسبية وانتقد بوجه خاص النظرية العامة للنسبة عند أينشتين. وله في هذا كتاب عنوانه «مبدأ النسبية».

وفي محاولة للتغلب على أزمة الفيزياء في مطلع القرن العشرين والقول بثبات الطبيعة وقابليتها للتغير في آن واحد، رأى وايتهيد أن الطبيعة «عملية» و«خبرة» ووصل إلى واقعية جديدة توحد بين عناصر المادية والمثالية.

الفصل الثاني عشر

١ ـ بوبر، كارل ريموند Popper, Karl Raimund

ولد عام ١٩٠٢ . فيلسوف نمساوي وعالم منطق وإجتماع . وضع مفهومه عن العقلانية النقدية مقابل الوضعية المنطقية على الرغم من تأثره بها . وصاغ مبدأ إثبات الزيف Falsification بدلا من مبدأ إثبات الصدق Verification أو قابلية التحقق Verifiability والذي يشكل المبدأ الأساسي للوضعية المنطقية . ويقضي مبدأ التحقق بأن صدق أى جملة عن العالم يتعين تأكيده في نهاية المطاف عن طريق مقارنتها بالمعطيات الحسية . ذلك لأن المعرفة فى رأي الوضعية المنطقية لا تتجاوز حدود الخبرة الحسية . ومايزت الوضعية المنطقية هنا بين تحقق مباشر أو إثبات الصدق بصورة مباشرة لقضايا يقينية تصف تحديدا معطيات الخبرة وبين تحقق غير مباشر عن طريق رد القضية منطقيا إلى قضايا يمكن التحقق منها مباشرة .

أما منهج إثبات الزيف فهو وسيلة للتحقق من الفروض والنظريات عن طريق تفنيدها من خلال مقارنتها مع معطيات ثم الحصول عليها تجريبيا . ويقوم منهج إثبات الزيف على أساس مسلمة المنطق الشكلي التي تفيد بأن أي قضية نظرية تكون زائفة إذا كان دحضها منطقيا يلزم عن كثرة من القضايا المتسقة مع بعضها ومبنية على الملاحظة . وانطلاقا من هذه المسلمة المنطقية قابل بوبر بين مبدأ التحقق الوضعى الجديد وبين مبدأ إثبات الزيف . ولم يفسر هذا المبدأ باعتباره وسيلة لتحديد إمكانية أن تكون القضية قابلة للفهم، بل باعتباره منهجا للتمييز بين ما هو علمي وما هو غير علمى . وذهب بوبر إلى أن القضايا التي يمكن من حيث المبدأ إثبات زيفها هي فقط القضايا العلمية، أما غير القابلة للزيف فهي ليست علمية .

ويؤكد بوبر أن جميع المعارف العلمية ذات طابع افتراضى وقابلة للخطأ . وواجهت نظريته عن نمو المعرفة العلمية صعوبات جمه نبعت من أنه جعل مبدأ

إثبات الزيف مبدأ مطلقا كما أنكر الصدق الموضوعي للمعرفة العلمية والتزامه بنزعة نسبية في تفسير الصدق مع الالتزام بنزعة اصطلاحية في معالجته لأسس المعرفة، ورفض القول بقوانين موضوعية للتطور الاجتماعي وقال لا يوجد تاريخ واحد متصل للبشرية بل أعداد لا نهائية من التاريخ لأوجه مختلفة ومتباينة من الحياة البشرية، وأن البحث عن أنماط ثابتة أو متكررة للتطور التاريخي هو محاولة مآلها الفشل.

٢ ـ إقليدس Euclid ـ عاش في القرن الثالث قبل الميلاد

عالم رياضيات إغريقي تلقي تعليمه في أثينا وتدرب في الأكاديمية وأكمل تعلمه في الإسكندرية. مؤلف كتاب «الأصول» الذي يعرض الهندسة القديمة ونظرية الأعداد على نحو نسقى واقترن علم الهندسة القديم باسمه «الهندسة الاقليدية».

٣ ـ رايلغ، لورد (جون وليام ستروت) (١٨٤٢ ـ ١٩١٩)
Rayleigh, Lord [John William Strutt]

عالم فيزياء رياضية إنجليزي. كان باحثا تجريبيا متميزا. عمل أستاذا للفلسفة الطبيعية. حصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٤ في الفيزياء.

٤ ـ بواسون، سيمون دنيس (١٧٨١ ـ ١٨٤٠)
Poisson, Simeon Denis

عالم رياضيات فرنسي. اشتهر بإسهاماته في مجال الكهربية والمغناطيسية. له مؤلفات في الفيزياء الرياضية وحساب الاحتمالات.

٥ ـ فوكو، ليون (١٨١٩ ـ ١٨٦٨) Foucault, Leon

عالم فيزياء فرنسي. ابن بائع كتب فقير. عمل محررا للباب العلمي في صحيفة Journal de Debots شغل وظيفة باحث طبيعيات في مرصد باريس. اشتهر ببراهينة لإثبات دوران الأرض حول نفسها عن طريق بندول متأرجح أو ما يسمى جهاز الجيروسكوب وهو مخترع هذا الجهاز. كما أنه أول من حدد تجريبيا سرعة الضوء بدقة تامة.

٦ ـ فيزو، أرماند هيبوليت لوي (١٨١٩ ـ ١٨٩٦)

Fizeau, Armand Hippolyte Louis

عالم فيـزياء فـرنسي. تعاون مع العـلامة فـوكو. وهما أول من حصـل على صورة تفصيلية للشمس. إشتهر فيزو بتحديداته لسرعة الضوء. كان له أثره المتميز في إتخاذ أول تدابير سـاعدت على قيـاس سرعة الضـوء بصورة مبـاشرة. قام بتجـارب لقياس سرعة الكهرباء في الموصلات السلكية.

٧ ـ دي بروجلي (١٨٧٥ ـ ١٩٦٠) De Broglie

عالم فيزياء فرنسى له مؤلفات عن الأشعة السينية.

دي بروجلي أخ السابق (١٨٩٢)

عالم فيزياء فرنسي مبتكر الميكانيكا الموجية.

الفصل الثالث عشر

١ ـ فازاري، جيورجيو (١٥١١ ـ ١٥٧٤) Vasari, Georgio

رسام ومعماري ومؤرخ للفنـون ـ إيطالي الجنسية. ألف كتبا هامـة عن حياة أعلام الفن والنحت والعمارة.

٢ ـ فن التقصير Foreshortening

رسم منظوري يظهر فيـه موضوع واحد بحيث يكون التركيز قـاصرا عليه ولا يكاد يـري الرائي غيره وكلما زاد الاختـزال أو التقصير كلما قل ما حـول المنظور أو الموضـوع المرسوم الذي يركـز عليه الفنان، وتكون الخلفية أشبه بفراغ يـؤكد التركيز أو الاقتصار على هذا الموضوع المتفرد مما يضاعف من الإحساس الانفعالي للمتلقي.

٣ ـ ليوناردو دافينشي (١٤٥٢ ـ ١٥١٩) Leonardo, Da Vinci

رسـام ونحات ومهنـدس حـربي ومهنـدس معماري ومخترع وعالم تشريح إيطـالى الجنسية. عـاش في فلورنسا ثم ميلانـو قبل أن يرحل إلى فرنسا عـام ١٦١٥. اشتهر أساسا بالرسم ولوحة الجيوكوند، أو العذراء اهتم بجميع فروع الفن.

٤ ـ فاراداي، مايكل (١٧٨١ ـ ١٨٦٧) Faraday, Michael

عالم فيزيـاء إنجليزي تخصص في الكهرباء والمغنـاطيسية وأهم إسهامـاته في هذا المجال اختراع أول مولد كهربى (الدينامو) توصل إلى عدة قوانين أهمها قانون التحليل الكهربى المعروف باسمه. ويطلق اسمه على عدة أشياء منها ثابت فاراداي، وقفص فـاراداي، والفضاء المظلم لفـاراداي، ودرع فاراداي. وهـو صـاحـب نظريـة التأثير الكهروستـاتيكي واكتشف التأثير الكهرومغناطيسي ونجح في تحويل غالبيـة الغازات إلى سوائل. واكتشف البنزين. وهو العقل المدبر لنظرية المجال الكلاسيكية.

٥ ـ شرودنجر، أروين (١٨٨٧ ـ ١٩٦١) Schrodinger, Ervin

عالم فيزياء نمساوي. مؤسس الميكانيكا الموجية وصاحب معادلة شرودنجر التي

تصف السلوك الكمي «الكوانطي» للإلكترونات وجسيمات أخرى. حصل على جائزة نوبل عام ١٩٣٣ لأعماله في مجال الميكانيكا الموجية. والفكرة الأساسية في هذه النظرية هي أن وصف سلوك الالكترونات والجسيمات الأخرى يستلزم استخدام مجال موجى. وكان أول من عبر عن هذا لويس دي بروجلي الذي استلهم معالجة أينشتين للضوء على أساس الفوتونات المرتبطة بالموجات الكهرومغناطيسية. وأخذ شرودنجر هذه الفكرة وطورها واستخرج نظرية كاملة تنظمها المعادلة التفاضلية الأساسية التي تحمل اسمه. وأثبت أن هذه النظرية تعادل رياضيا ميكانيكا المصفوفات التى صاغها هيزنبرج في نفس الوقت تقريبا.

٦ ـ لامارك، جان بابتست بيير انطوان (١٧٤٤ ـ ١٨٢٩)

Lamarck, Jean Baptiste

عالم تاريخ طبيعي فرنسي عنى في بداية حياته العلمية بعلم النبات وألف فيه. ثم عمل أستاذا في علم الحيوان وأبدى إهتماما خاصا باللافقريات. وهو صاحب هذا المصطلح. ونشر بعد ذلك كتابه «التاريخ الطبيعى للحيوانات اللافقرية» عرض في الكتاب الأول منه آراءه عن تطور الحيوانات التي سبق له أن عرضها في عام ١٨٠٩ في كتابه «فلسفة علم الحيوان». وبلور ولامارك آراءه فى أربعة «قوانين» تنظم عملية التطور في نظره. من أهمها القانون الثانى الذي يقول «إن ظهور عضو جديد في جسم الحيوان ينتج عن حاجة جديدة تفرض نفسها باستمرار». عاني كثيرا بسبب سوء فهم أفكاره.

٧ ـ شامبرز، افرايم (١٦٨٠ ـ ١٧٤٠) Chambers, Ephraim

ناشر ومؤلف موسوعي إنجليزى. ألف موسوعة استوحاها من ديديرو الكاتب الموسوعي الفرنسي.

٨ ـ سبنسر، هربرت (١٨٣٠ ـ ١٩٠٣) Spencer; Herbert

فيلسوف ومصلح إجتماعى ومن كتاب الرحيل الأول عن التطور. بدأ حياته مهندسا ثم تحول إلى الصحافة التي يسرت له فرص اللقاء مع كثيرين من العلماء

والمفكـرين الأدبـاء والمصلحين. نشر مـؤلفـات عـديـدة في الفلسفـة وعلم الاجتماع والتعليم والعلم عرض أفكاره عن التطور في كتابه «نسق الفلسفة التركيبية» Syatem Of Synthetic Philosophy وقـد صـــدر كتـابـه هـذا قبل كتـــاب داروين «أصل الأنواع».

حـــاشية

١ ـ البلعم Phage Or Phagocyte

خلايا دموية تبتلع الأجسام الغريبـة وتقضى عليها، ولها حركة تمورية وقدرة على الحركة خلال الأنسجة. وهي في الفقاريات كرية دموية تغتذي على البكتيريا، وهي في الإنسان كرية من الكريات البيض في الدم تبتلع الكائنات الدقيقة وحطام الخلايا والجسيمات الغـريبـة في الأنسجة. ويسمى الفيروس أو الإنـزيم الـذي يغتـذي على البكتريا ويقتلها باسم أكال البكتيريا. Bacteriophage

٢ ـ لنتس، هنريخ فريدريك أميل (١٨٠٤ ـ ١٨٦٥)

Lenz, Heinrich Friedrixh Emil

عـالم فيـزيـاء روسي. بعـد أن درس اللاهـوت تحول إلى الفيـزيـاء وعمل استـاذا للفيزياء في جامعة سانت بطرسبرج. اشتهر بـالقانون الذي يحمل اسمه قانون لنتس Lenz's Law الـذي يحدد اتجاه التيـار المستحـث. وينص على أن التيـار المستحث يكون اتجاهه دائما بحيث يضاد مجاله المغناطيسي الفعل الذي استحثه.

٣ ـ أوم، جورج Ohm, George

عـالم الفيـزيـاء الألماني جـورج أوم ١٧٨٩ ــ ١٨٥٤، الـذي اكتشف القـانـون الأساسي للتيـار، الكهربي. وسميت باسمـه وحدة قياس مقـاومة مرور الكهـرباء، المعروفة باسم الأوم وتساوي مقاومة مقدار ١٤,٤٥٢١ جم من الزئبق في أنبوبة طولها ١٠٦,٣ سم وفي درجة الصفر المئوي. وقانـون أوم يعبر عن العلاقة بين التيار (ت) والقوة الكهربية الدافعة مقـدرة بالفولت (ق) والمقاومة (م) حيث ت = $\frac{ق}{م}$ ويعبر عنه أحيانا م = $\frac{جـ}{ت}$ حيث م = المقاومة وجـ = فارق الجهد وت = شدة التيار.

٤ ـ آلة الورنية أو مدرج فرنييه Vernier Scale

نسبة إلى بيير فـرنييه Vernier, Pierre (١٥٨٠ ـ ١٦٣٧) ريـاضي وميكانيكى

عاش في هولندا اقترنت شهرتـه بابتكار واحد بارز هو آلة الورنيـة أو مدرج فرنييه وهو جهاز لقياس الأطوال الصغيرة عبارة عن مدرج مساعد قصير ينزلق على مدرج رئيسي أكثر طولا بحيث يمكن قـراءة الأطوال الصغيرة بدقة أكبر. ولا يـزال مستخدما حتى الآن في جميع أنحـاء العـالم في الآلات الـدقيقـة . فـإذا كـان هنـاك مـدرج مقسم إلى وحدات سنتيمترات وملليمترات فإن الورنية عبارة عن مدرج مساعد ينزلق على طول المدرج الـرئيسي وتقسم عليـه الأطوال التـي تقدر بتسعـة أعشـار السنتيمتر إلى عشرة أجزاء أخرى متساوية . وبهذا تكون كل وحدة من الكسور الورنية يساوي ٠٩ , ٠ من السنتيمتر.

٥ ـ جيروسكوب Gyroscope

آلة تتكـون من عجلة أو قرص مثبت على محور يرتكـز عند طرفيه ارتكـازا يتيح له أن يغير من اتجاهه . ومن مزايـاه أن المحور عندما تدور العجلة بسرعـة ينزع إلى البقاء في اتجاه ثابت مهما تغير اتجاه الحامل . والعجلة والمحور يميلان إلى التغير عموديا على اتجاه قوة تسلط على المحور في أية نقطة من نقطتي الارتكاز.

والجيروسكـوب من البوصلـة الجيروية أو بـوصلة جيروسكـوب Gyro - Compass وهي البوصلة التي لا تستخـدم المغناطيسية ومن ثم لا تتأثر بالعـواصف المغناطيسية وتستخـدم في الملاحة لأن نـزوع المحور إلى البقـاء في اتجاه ثـابت عند دوران العجلـة يجعل البوصلة تحتفظ باتجاهها نحو الشمال الحقيق إذا ما ضبطت .

٦ ـ مذهب الأنوية أو الانحصار الذاتي Solipsism

مذهب فلسفي مثـالي ذاتي . يقرر أن الوجـود هو وجود وعي الإنســان فقط ، أما العالم الموضـوعي بما في ذلك الناس ، فإنهم مـوجودون في عقل الفرد . صـاحب هذه الفلسفـة في العصر الحديث وأهم من دعـا إليها هـو الفيلسـوف الإنجليزي جـورج باركلي (١٦٨٥ ــ ١٧٥٣) الذي يـذهب إلى أن الإنسان لايـدرك شيئا مبـاشرة سوى أفكـاره ، ومن ثم فإن وجـود الشيء رهـن بـادراكـه أي رهن بـوجـوده في إطـار وعي الإنسان .

٧ ـ جسيمات ألفا Alpha Particles

رمز ألفا وهو أول حرف الأبجدية اليونانية يشير في الكيمياء إلى وضع خاص للذرات المستبدلة في مركب ما. فإذا قلنا جسيم ألفا لنواة الهليوم يعني إتحادا وثيقا بين نيوترونين وبروتونين وهما لذلك مشحونين شحنة إيجابية. وتنبعث جسيمات ألفا من نويات بعض العناصر المشعة (أشعة ألفا).

٨ ـ غرفة السحاب أو غرفة ويلسون Cloud Chamber

كن مغلق يستخدم للكشف عن بعض خصائص الأشعة المؤينة وقياسها، وهو كن يمكن فيه اقتفاء آثار الأشعة المؤينة بتكاثف بخار الماء المشبع على الجسيمات التي تكون قد تأينت وتبدو مسارات الجسيمات المتأينة في صورة صف من القطرات الصغيرة. ويتكون هذا الكن أو الجهاز من غرفة مملوءة ببخار مشبع ولها صمام يمكن البخار من التمدد على نحو أداياباتي Adiabatic أي دون تبادل حراري. ويؤدي هذا إلى تبريد فجائي للبخار مع تشبع زائد. وفي هذه الحالة يتكون شعاع من الجسيمات عبر الكن أو الغرفة وينتج عنه صف من الأيونات على طول مساره ويكون البخار قطرات سائلة على الأيونات وبذلك يصبح المسار مرئيا.

المصطلحات العلمية الواردة
في الكتاب ومقابلها الانجليزي

إدراك حسي	Perception
استاتيكا	Statics
الاختلاف الظاهري السنوي لمواقع النجوم	Annual Parallax
إشعاع موسباور	Mossbauer radiation
أكسيد الزئبق الأحمر	Red Oxide of Mercury
أكسيد النتروز	Nitrous Oxide
الأشعة المهبطية	Cathode rays
أكسيد النتريك	Nitric Oxide
ألوان الطيف	Spectrum
استقطاب	Polarization
إشعاع الجسم الأسود	Black-body radiation
الأفلاطونية الجديدة	Neo Platonism
أطروحة	Theses
الانكسار المزدوج	Double refraction
أنابيب الأشعة المهبطية	Cathod ray tubes
الأشعة السينية	X-rays
استدلال دورانى (استدلال الدورانية - حجة دورانية)	Circularity-Circular Argument
الألفة الكيميائية	Chemical affinity

Ether	أثير
Mechanical ether	الإثير الميكانيكي
Subnuclear events	إحداث نويات جزئية
Gravitational rebounding	ارتداد تجاذبي/ تثاقلي
Angular displacement	الأزاحة الزاوية
Specific probabilities	الاحتمالات النوعية
Aristotalianism	الأرسطية
Combining weights	الأوزان المكافئة/ أوزان الاتحاد الكيميائي
Ontology	أنطولوجيا/ مبحث الوجود
Vernier	آلة الورنية
Electro	الالكترون
Ammeter	اميتير/ جهاز
Combining weights	أوزان الاتحاد الكيميائي
Energy Conservation	بقاء الطاقة
Corpuscular Optics	البصريات الجسيمية
Wave Optics	البصريات الموجية
Physical Optics	البصريات الطبيعية
Geometrical Optics	البصريات الهندسية
Barium Platinocyanide	بلاتينو سيانيد الباريوم
Phage	البلعم
Pendulum	البندول
Conical Pendulum	البندول المخروطى
Analytic-Synthetic	تحليلي تركيبي

Natural History	تاريخ طبيعى
Heating by Antiperistasis	التسخين عن طريق الحركة الديدانية المعكوسة
Composition	تركيب
Radio Telescope	التلسكوب اللاسلكي
Gravitational Shift	التغير التثاقلي أو التغير في الجاذبية
Gravitational Attraction	التجاذب التثاقلي
Precession of the Equinoxes	تقدم الاعتدالين
Parity non-conservation	تكافؤ عدم الحفظ
Photo electric effect	التأثير الكهروضوئي
Astronomical ephemerides	التقويم الفلكى
Differential attractions	تجاذبات فارقة/ تجاذبات تفاضلية
Electrostatic repulsion	تنافر كهروستاتيكي
Elective affinity	التآلف الاختيارى
Verification	التحقق
Construction	تصور ذهني
Simultaneity	تزامن
Constant acceleration	التسارع الثابت ـ العجلة الثابتة
Specific gravity	الثقل النوعي
Avogardo's number	ثابت أفوجادور
Universal gravitational Constant	ثابت الجاذبية الكوني
Gestalt	جشطلت
Contact Potential	جهد التلامس
Foucaults apparatus	جهاز فوكو

جزيء	Molecule
جسيم	Corpuscule
الجدول الدورى للعناصر	Periodic table
جداول كيبلر الردولفينية	Kepler's Rudolphine tables
الجيروسكوب/ جهاز	Gyroscope
جسيمات ألفا	Alpha Particles
الجلفانوميتر	Galvanometer
جرة أو وعاء ليدن	Leiden jar
حركة موجية مستعرضة	Tranverse wave motion
حمضية المحلول	Acidity of solution
حموضة ـ حمضية	Acidity
حيود	Diffraction
حرارة نوعية	Specific Heat
حيود أو زيغ	Aberration
الحضيض القمري	Moon's Perigee
الحضيض الشمسي ـ نقطة الذنب	Perihelion
ديناميكا	Dynamics
دورات كسوف النجوم الثنائية ودورات الكواكب	Periods of eclipsing binaries
الديناميكا النسبية	Relativistic Dynamics
دورة ثقل البندول/ مدة ذبذبة	Bobs Period
ثقل البندول	Steady-state hydrodynamic System
دائرة هيدرو دينامية في حالة ثبات	
الديناميكا الحرارية	Thermodynamics

Aristotelian Dynamics	ديناميكا أرسطو
Atom	ذرة
Venus	الزهرة/ كوكب
Sociology	سوسيولوجيا ـ علم الاجتماع
Psychology of Perception	سيكولوجيا الإدراك الحسى
Synchrotron	السنكروترون/ جهاز
Heat Capacity	سعة حرارية
Calorie	السيال الحراري
Velocity	سرعة
Relative Velocity	سرعة نسبية
Terminal Velocity	السرعة الحدية/ السرعة النهائية
Amplitude	سعة الذبذبة
Semantic	سيما نطيقا
Inclined plane	السطح المائل
Spectral Intensity	الشدة الطيفية
Electronic charge	الشحنة الالكترونية الأولية
Counter instances	شواهد مناقضة ـ حالات معاكسة
Charging by induction	الشحن عن طريق التأثير
Structural Formula	الصيغ التركيبية
Potential Ascent	الصعود الممكن
Wave length	طول الموجة
Kinetic energy	الطاقة المولدة للحركة
Molecular Spectrum	طيف جزيئى

ظاهرة	Phenomenon
الظواهر دون الذرية	Subatomic phenomena
العلوم السلوكية	Behavioural Sciences
علم الفيزياء ـ الفيزيقا	Physical Science
علم الاحياء	Biology
علم الفلك	Astrology
العلم القباسي	Normal Science
العلوم الطبيعية	Natural Science
علم التقويم/ صناعة التقويم «تقسيم الأزمنة وحساب المواقيت	Calendar making
علم التنجيم	Astronoly
عداد الائيماض	Scintillation counter
علم الهوائيات المضغوطة	Pneumatics
علم قوة الموائع	Hydrodynamics
عدسة عاكسة/ عدسة قالبة	Inverting lens
عنصر ما وراء اليورانيوم	Transuranic
عطارد/ كوكب	Mercury
علم الآلهيات/ علم أصول الدين	Theology
العلم غير العادى	Extraordinary Science
علم الفلك الإشعاعى	Radio Astronomy
علم التصنيف	Taxonomy
علم النبات التصنيفي	Taxonomic botany
علاقات الوزن	Weight relations

English	العربية
Cloud chamber	غرفة الضباب/ غرفة ويلسون
Bubble Chamber	غرفة الفقاعات
Photon	فوتون
Mechanico Corpuscular Philosophy	الفلسفة الجسيمية الميكانيكية
Phlogiston	الفلوجستون
Absolute Space	الفضاء المطلق
Supra mechanical	فوق الميكانيكي
Fore shortening	فن التقصير
High energy physics	فيزياء الطاقة العالية
Chemical Chromatography	الفصل الكروماتوجرافي الكيميائي
Solid State physics	فيزياء الجوامد/ فيزياء الأجسام الصلبة
Physics of the solid	
Field Theory physics	فيزياء نظرية المجال
Ptolemic astronomy	فلك بطليموس، نظام بطليموس الفلكي
	قابلية المواد للضغط
Compressibilities of materials	قابلية التوصيل الكهربي
Electrical Conductivity	قوة
Force	قانون بويل
Boyle's Law	قانون كولوم
Coulomb law	قانون جول
Joule's law	قانون التربيع العكسي
Inverse Square law	قانون النسب الثابتة
Law of fixed proportions	قوانين الديناميات الحرارية الأحصائية

Laws of Statistical Thermodynamics	قانون النسب الذاتية
Law of fixed proportions	قانون المكافئات الكيميائية
Chemical equivalents	قانون جول ـ لنتس
Joule-lenz law	قانون أوم
Ohms law	قنطرة هويتستون
Wheatstone Bridge	قانون بود
Bodes law	كيمياء الفلوجستون
Phlogistic chemistry	كيمياء
Chemistry	كمة (وتجمع كمات) أو كوانطا
Quantum	كهربائي
Electrician	كيميائي
Biochemistry	كيمياء حيوية
Mass	كتلة
Mass point	كتلة منتظمة
Pneumatic Chemistry	كيمياء الهوائيات المضغوطة
Krypton	كربتون/ غاز
Photo electric	كهروضوئي
Rest mass	كتلة السكون
Heuristic	كشفي
Improbability	لا احتمالية
Incommensurability	لا قياسية
Irrationality	لا عقلانية
Conception	مفهوم ـ تصور

Discipline	مبحث معرفي
Stellar positions	مواضع النجوم
Atwoods machine	ماكينة اتوود
Precession of mercury's perihelion	مبادرة حضيض عطارد
Joule's coefficient	معامل جول
Point charge	مأخذ الشحنة الكهربائية
Radio propagation curves	منحنيات الانتشار الإشعاعى
Compound	مركب
Mixture	مزيج ـ خليط
Maxwell's equations	معادلات ماكسويل
Statistical mechanics	الميكانيكا الإحصائية
Matrix Mechanics	ميكانيكا المصفوفات
Ether drag	مقاومة الأثير ـ سحب الأثير
Parameter	معلم
Variable	متغير
Replacement serious	متسلسلة إحلالية
Pendulum's period	مدة ذبذبة البندول (دورة البندول)
Field	مجال
Keplerian orbits	مدارات كيبلر الفلكية
Orbit	مدار
Calorimeter	المسعر، . جهاز قياس السعرات الحرارية
Principle of vis Viva	مبدأ طاقة الحياة أو القدرة على الحياة
Neuro-cerebral mechanism	الميكانيزم العصبي المخي
Solipsism	مذهب الأنوية

منبه	Stimulus
نموذج إرشادى	Paradigm
النزعة الشكية/ مذهب الشك	Skepticism (Scepticism)
نظرية	Theory
النظرية الدينامية للسعرات الحرارية	Calorie thermodynamics
النظرية الموجية	Wave theory
نقطة الغليان	Boiling Point
النظرية النسبية العامة	General Theory of relativity
النظرية النسبية الخاصة	Special Theory of relativity
النشاط البصرى (الضوئى)	Optical Activity
النيتوترينو	Neutrino
نظرية السيال الحراري	Calorie theory
النظرية الموجية للضوء	Wave theory of light
النظرية الكهرومغناطيسية	Electro magnetic theory
النهايات العظمي للتشتت الالكتروني	Electron-scattering maxima
النظرية الجسيمية	Corpuscularism
النظرية الحركية للغازات	Kinetic theory of gasses
نظرية الدقائق للأشعة المهبطية	Particulate theory of cathode rays
النظرية الدينامية للحرارة	Dynamical theory of heat
نظرية الكم (الكوانطا)	Quantum theory
نظرية المعرفة «ابستمولوجيا»	Epistemology
نقطة الذنب ـ الحضيض الشمسي	Perihelion
نظرية المجال	Field theory
نظرية بقاء أو حفظ الطاقة	Theory of energy conservation

Heliocentrism	نظرية مركزية الشمس
Geocentrism	نظرية مركزية الأرض
Subnuclear	نوبي جزئي
Impetus	نظرية الزخم أو كمية الحركة
Latitude of forms	نطاق الأشكال
Kinematic theory	النظرية الحركية «الكنماتية»
Probablistic verification theory	نظرية التحقق في المذهب الاحتمالى
constant proportions	النسب الثابتة
Multiple Proportions	النسب المتضاعفة
Hydrostatics	هيدرو ستاتيكا
Helium	هليوم
Fixed Air Co2	الهواء الثابت (كـ أ ٢) (ثانى أكسيد الكربون)
Actual descent	الهبوط الفعلي
Leyden jar	وعاء أو جرة ليدن
Astronomical unit	الوحدة الفلكية
Atomic weight	الوزن الذري
Spatial position	الوضع المكاني أو الوضع في المكان
Vernier	الورنية / آلة
Factual	وقائعي
Uranium	يورانيوم

مراجع المدخل

١ - امستر دمسكي، ستيفـان (تطور العلم) مجلـة ديوجين - ع ٣٢ ــ فبراير ١٩٧٦.

٢ ــ بول فيتي ــ الايديـولوجيـة في رأي ماركس ونيتشـة/ ديوجين ــ ع ٤٣ - نوفمبر ١٩٧٨ .

٣ - ريدنيك : ما هي ميكانيكا الكم؟ دار مير، موسكو - ١٩٧١ .

٤ - شيخاوات فيرنـدرا، بعض الاتجاهات الابستمولوجيـة في فلسفة العلم - ديوجين ع ٧٢ - ١٩٨٦ .

5. Bunge, Mario; Ideology and Science lectures on philos., Mou- Ein shams Univ. Cairo, rad Wahba ed. Faculty of Education 1906.

6. Collins, H.M., and Pinch J.T. The Social Constructions of Ex traordinary Science, Routledge & Kegan, London, 1984.

7. Einestien, Albert; The Problem of Space, Ether and the field in physics. In Man and Universe, the publishers of Science, Wash ington Square press, New York 1947.

8. Feyerabend, Paul; Against Method. New Left review ed. Verso 1978.

9. Heisenberg, Werner, Philosophical Problems of Nuclear Sci ence. Fawcett, New York 1952.

10. Kitaigordski, I am a Physicist, Mr. Pub. Moscow

11. Ladliere, Jean, the Challenge Presented to Cultures by Science and Techno, Unesco, 1977.

12. Lektorsky, V.A. Subject, Object, Cognition, Progress Publ., Moscow, 1986.

13. Main Trends in the Social and Human Sciences, incomes Havst ed. Unesco 1978.

14. Piaget J. Structuralism; Presse Univ. de France1956.

15. France, The Concept of Structure in: Scientific Thought Unesco.

16. Popper, Karl, The Rationality of Scientific Revolutions in Scientific Revolutions. Ian Hacking ed. Oxford Univ. Press HCL.

17. Putnam Hilary, the Carroboration of Theories.

18. Readings in the Phil. of Science, H. Feigl ed. New York, Appleton Century Crofts, 1953.

19. Science of Science, Maurice Goldsmith ed. Pelican .

20. Shapere, Dudley, Meaning and Scientific Change; in Scientific Revolutions, Ian Hacking ed. Oxford Univ. Press 1901.

21. Social Sciences; U.S.S.R. Acad. of Sc. Nos. 1-1970, 2-1972, 1-1974, 2, 3,-1986.

22. Whitehead, A. N., Science and the Modern World, Cam bridge1945.



المؤلف في سطور

- عالم أمريكي .
- أستاذ الفلسفة بمعهد ماساشوتس
- ولد في عام ١٩٢٢ .
- بدأ تدريس الفيزياء وهو لايزال طالبا للدراسات العليا .
- تلقى منحة دراسية لمدة ثلاث سنوات بجامعة هارفارد .
- بدأت إرهاصات نظريته مع سلسلة من المحاضرات عنوانها «البحث عن نظرية لعلم الفيزياء» ألقاها في معهد لو ويل في بوسطن ١٩٥١ .
- نال درجة الدكتوراة في علم الفيزياء .
- تحول عن الفيزياء الى فلسفة تاريخ العلم .
- يقول عن نفسه «اطلاعي على نظريات علمية فات أوانها هدم جذريا بعض مفاهيمي الأساسية عن طبيعة العلم» .
- قدم نظريته العلمية عن حركة العلم في التاريخ في كتابه «بنية الثورات العلمية» الذي صدرت طبعته الأولى عام ١٩٦٢ .
- من مؤلفاته :

— The Essential Tension:
Selected Studies in Scientific Tradition and Change
— The Copernican Revolution
— Black-Body Theory and the Quantuw Discontinuity 1894-1912.

المترجم

شوقي جلال

- تخرج في كلية آداب جامعة القاهرة قسم الفلسفة وعلم النفس عام ١٩٥٦ .
- أسهم بكتابة العديد من المقالات في المجلات النظرية المتخصصة .
- عضو لجنة قاموس علم النفس التي شكلها المجلس الأعلى للعلوم والفنون والآداب المصري لوضع قاموس للمصطلحات النفسية .
- ترجم للمكتبة العربية أكثر من اثنى عشر كتابا في الفلسفة . وعلم النفس والآداب منها رواية «المسيح يصلب من جديد» و «بافلوف وفرويد» دراسة مقارنة في مجلدين و«الأصوات والإشارات» .

الكتاب القادم

تاريخ الكتاب

تأليف :

د . الكسندر ستيبتشيفتش

ترجمةوتقديم :

د . محمد م . الارناؤوط



صدر عن هذه السلســلة

العنوان	المؤلف
١ـ الحضارة	تأليف : د/ حسين مؤنس
٢ـ إتجاهات الشعر العربي المعاصر	تأليف : د/ إحسان عباس
٣ـ التفكير العلمي	تأليف : د/ فؤاد زكريا
٤ـ الولايات المتحدة والمشرق العربي	تأليف : / أحمد عبدالرحيم مصطفى
٥ـ العلم ومشكلات الإنسان المعاصر	تأليف : د/ زهير الكرمي
٦ـ الشباب العربي والمشكلات التي يواجهها	تأليف : د/ عزت حجازي
٧ـ الأحلاف والتكتلات في السياسة العالمية	تأليف : / محمد عزيز شكري
٨ـ تراث الإسلام (الجزء الأول)	ترجمة : د/ زهير السمهوري تحقيق وتعليق : د/ شاكر مصطفى مراجعة : د/ فؤاد زكريا
٩ـ أضواء على الدراسات اللغوية المعاصرة	تأليف : د/ نايف خرما
١٠ـ جحا العربي	تأليف : د/ محمد رجب النجار
١١ـ تراث الإسلام (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ حسين مؤنس، د/ إحسان العمد مراجعة : د/ فؤاد زكريا
١٢ـ تراث الإسلام (الجزء الثالث)	د. حسين مؤنس د/ إحسان العمد مراجعة : د/ فؤاد زكريا
١٣ـ الملاحة وعلوم البحار عند العرب	تأليف : د/ أنور عبدالعليم
١٤ـ جمالية الفن العربي	تأليف : د/ عفيف بهنسي
١٥ـ الإنسان الحائر بين العلم والخرافة	تأليف : د/ عبدالمحسن صالح
١٦ـ النفط والمشكلات المعاصرة للتنمية العربية	تأليف : د/ محمود عبدالفضيل
١٧ـ الكون والثقوب السوداء	إعداد : رؤوف وصفي مراجعة : زهير الكرمي
١٨ـ الكوميديا والتراجيديا	ترجمة : د/ علي أحمد محمود مراجعة : د/ شوقي السكري، د/ علي الراعي
١٩ـ المخرج في المسرح المعاصر	تأليف : / سعد أردش

العنوان	المؤلف
٢٠ـ التفكير المستقيم والتفكير الأعوج	ترجمة حسن سعيد الكرمي مراجعة : صدقي حطاب
٢١ـ مشكلة إنتاج الغذاء في الوطن العربي	تأليف : د/ محمد على الفرا
٢٢ـ البيئة ومشكلاتها	تأليف : رشيد الحمد د/ محمد سعيد صباريني
٢٣ـ الرق	تأليف : د/ عبدالسلام الترمانيني
٢٤ـ الإبداع في الفن والعلم	تأليف : د/ حسن أحمد عيسى
٢٥ـ المسرح في الوطن العربي	تأليف : د/ علي الراعي
٢٦ـ مصر وفلسطين	تأليف : د/ عواطف عبدالرحمن
٢٧ـ العلاج النفسي الحديث	تأليف : د/ عبدالستار ابراهيم
٢٨ـ أفريقيا في عصر التحول الإجتماعي	ترجمة : شوقي جلال
٢٩ـ العرب والتحدي	تأليف : د/ محمد عماره
٣٠ـ العدالة والحرية في فجر النهضة العربية الحديثة	تأليف : د/ عزت قرني
٣١ـ الموشحات الأندلسية	تأليف : د/ محمد زكريا عناني
٣٢ـ تكنولوجيا السلوك الإنساني	ترجمة : د/ عبدالقادر يوسف مراجعة : د/ رجا الدريني
٣٣ـ الإنسان والثروات المعدنية	تأليف : د/ محمد فتحي عوض الله
٣٤ـ قضايا أفريقية	تأليف : د/ محمد عبدالغني سعودي
٣٥ـ تحولات الفكر والسياسة في الشرق العربي (١٩٣٠ـ ١٩٧٠)	تأليف : د/ محمد جابر الأنصاري
٣٦ـ الحب في التراث العربي	تأليف : د/ محمد حسن عبدالله
٣٧ـ المساجد	تأليف : د/ حسين مؤنس
٣٨ـ تكنولوجيا الطاقة البديلة	تأليف : د/ سعود يوسف عياش
٣٩ـ إرتقاء الإنسان	ترجمة : د/ موفق شخاشيرو مراجعة : زهير الكرمي
٤٠ـ الرواية الروسية في القرن التاسع عشر	تأليف : د/ مكارم الغمري
٤١ـ الشعر في السودان	تأليف : د/ عبده بدوي
٤٢ـ دور المشروعات العامة في التنمية الإقتصادية	تأليف : د/ علي خليفة الكواري
٤٣ـ الإسلام في الصين	تأليف : فهمي هويدي
٤٤ـ اتجاهات نظرية في علم الاجتماع	تأليف : د/ عبدالباسط عبدالمعطي

٤٥ـ حكايات الشطار والعيارين في التراث العربي	تأليف : د/ محمد رجب النجار
٤٦ـ دعوة إلى الموسيقا	تأليف : د/ يوسف السيسي
٤٧ـ فكرة القانون	ترجمة : سليم الصويص
	مراجعة : سليم بسيسو
٤٨ـ التنبؤ العلمي ومستقبل الإنسان	تأليف : د/ عبدالمحسن صالح
٤٩ـ صراع القوى العظمى حول القرن الأفريقي	تأليف : صلاح الدين حافظ
٥٠ـ التكنولوجيا الحديثة والتنمية الزراعية	تأليف : د/ محمد عبدالسلام
٥١ـ السينما في الوطن العربي	تأليف : جان ألكسان
٥٢ـ النفط والعلاقات الدولية	تأليف : د/ محمد الرميحي
٥٣ـ البدائية	ترجمة : د/ محمد عصفور
٥٤ـ الحشرات الناقلة للأمراض	تأليف : د/ جليل أبو الحب
٥٥ـ العالم بعد مائتي عام	ترجمة : شوقي جلال
٥٦ـ الإدمان	تأليف : د/ عادل الدمرداش
٥٧ـ البيروقراطية النفطية ومعضلة التنمية	تأليف : د/ أسامة عبدالرحمن
٥٨ـ الوجودية	ترجمة : د/ إمام عبدالفتاح
٥٩ـ العرب أمام تحديات التكنولوجيا	تأليف : د/ انطونيوس كرم
٦٠ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الأول)	تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري
٦١ـ الأيديولوجية الصهيونية (الجزء الثاني)	تأليف : د/ عبدالوهاب المسيري
٦٢ـ حكمة الغرب	ترجمة : د/ فؤاد زكريا
٦٣ـ الإسلام والاقتصاد	تأليف : د/ عبدالهادي علي النجار
٦٤ـ صناعة الجوع (خرافة الندرة)	ترجمة : احمد حسان عبدالواحد
٦٥ـ مدخل إلى تاريخ الموسيقا المغربية	تأليف : عبدالعزيز بن عبد الجليل
٦٦ـ الإسلام والشعر	تأليف : د/ سامي مكي العاني
٦٧ـ بنو الإنسان	ترجمة : زهير الكرمي
٦٨ـ الثقافة الألبانية في الأبجدية العربية	تأليف : د/ محمد موفاكو
٦٩ـ ظاهرة العلم الحديث	تأليف : د/ عبدالله العمر
٧٠ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة)	ترجمة : د/ علي حسين حجاج
القسم االأول	مراجعة : د/ عطيه محمود هنا
٧١ـ الإستيطان الأجنبي في الوطن العربي	تأليف : د/ عبدالمالك خلف التميمي
٧٢ـ حكمة الغرب (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ فؤاد زكريا

٧٣ـ التخطيط للتقدم الإقتصادي والإجتماعي	تأليف : د / مجيد مسعود
٧٤ـ مشاريع الاستيطان اليهودي	تأليف : أمين عبدالله محمود
٧٥ـ التصوير والحياة	تأليف : د / محمد نبهان سويلم
٧٦ـ الموت في الفكر الغربي	ترجمة : كامل يوسف حسين مراجعة : د / إمام عبدالفتاح
٧٧ـ الشعر الإغريقي تراثا إنسانيا وعالميا	تأليف : د / أحمد عتمان
٧٨ـ قضاياالتبعية الإعلامية والثقافية	تأليف : د/ عواطف عبدالرحمن
٧٩ـ مفاهيم قرآنية	تأليف : د / محمد أحمد خلف الله
٨٠ـ الزواج عند العرب (في الجاهلية والإسلام)	تأليف : د / عبدالسلام الترمانيني
٨١ ـ الأدب اليوغسلافي المعاصر	تأليف : د / جمال الدين سيد محمد
٨٢ ـ تشكيل العقل الحديث	ترجمة : شوقي جلال مراجعة : صدقي حطاب
٨٣ ـ البيولوجيا ومصير الإنسان	تأليف : د / سعيد الحفار
٨٤ ـ المشكلة السكانية وخرافة المالتوسية	تأليف : د / رمزي زكي
٨٥ ـ دول مجلس التعاون الخليجي ومستويات العمل الدولية	تأليف : د / بدرية العوضي
٨٦ ـ الإنسان وعلم النفس	تأليف : د / عبدالستار ابراهيم
٨٧ ـ في تراثنا العربي الإسلامي	تأليف : د / توفيق الطويل
٨٨ ـ الميكروبات والإنسان	ترجمة : د / عزت شعلان مراجعة : د / عبدالرزاق العدواني د / سمير رضوان
٨٩ ـ الإسلام وحقوق الإنسان	تأليف : د/ محمد عماره
٩٠ ـ الغرب والعالم (القسم الأول)	تأليف : كافين رايلي ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري د/ هدى حجازي مراجعة : د / فؤاد زكريا
٩١ ـ تربية اليسر وتخلف التنمية	تأليف : د / عبدالعزيز الجلال
٩٢ ـ عقول المستقبل	ترجمة : د / لطفي فطيم
٩٣ ـ لغة الكيمياء عند الكائنات الحية	تأليف : د / أحمد مدحت إسلام
٩٤ ـ النظام الإعلامي الجديد	تأليف : د / مصطفى المصمودي

العنوان	المؤلف / المترجم
٩٥ ـ تغيّر العالم	تأليف : د/ أنور عبدالملك
٩٦ ـ الصهيونية غير اليهودية	تأليف : ريجينا الشريف ترجمة : أحمد عبدالله عبدالعزيز
٩٧ ـ الغرب والعالم (القسم الثاني)	تأليف : كافين رايلي ترجمة : د/ عبدالوهاب المسيري د/ هدى حجازي مراجعة : د/ فؤاد زكريا
٩٨ ـ قصة الأنثروبولوجيا	تأليف : د/ حسين فهيم
٩٩ ـ الأطفال مرآة المجتمع	تأليف : د/ محمد عماد الدين إسماعيل
١٠٠ ـ الوراثة والإنسان	تأليف : د/ محمد علي الربيعي
١٠١ ـ الأدب في البرازيل	تأليف : د/ شاكر مصطفى
١٠٢ ـ الشخصية اليهودية الإسرائيلية والروح العدوانية	تأليف : د/ رشاد الشامي
١٠٣ ـ التنمية في دول مجلس التعاون	تأليف د/ محمد توفيق صادق
١٠٤ ـ العالم الثالث وتحديات البقاء	تأليف جاك لوب ترجمة : أحمد فؤاد بلبع
١٠٥ ـ المسرح والتغير الاجتماعي في الخليج العربي	تأليف : د/ إبراهيم عبد الله غلوم
١٠٦ ـ «المتلاعبون بالعقول»	تأليف : هربرت . أ . شيللر ترجمة : عبدالسلام رضوان
١٠٧ ـ الشركات عابرة القومية	تأليف : د/ محمد السيد سعيد
١٠٨ ـ نظريات التعلم (دراسة مقارنة) (الجزء الثاني)	ترجمة : د/ علي حسين حجاج مراجعة : د/ عطية محمود هنا
١٠٩ ـ العملية الإبداعية في فن التصوير	تأليف : د/ شاكر عبدالحميد
١١٠ ـ مفاهيم نقدية	ترجمة : د/ محمد عصفور
١١١ ـ قلق الموت	تأليف : د/ أحمد محمد عبدالخالق
١١٢ ـ العلم والمشتغلون بالبحث العلمي في المجتمع الحديث	تأليف : د/ جون . ب . ديكنسون ترجمة : شعبة الترجمة باليونسكو
١١٣ ـ الفكر التربوي العربي الحديث	تأليف : د/ سعيد إسماعيل علي
١١٤ ـ الرياضيات في حياتنا	ترجمة : د/ فاطمة عبدالقادر الما

العنوان	المؤلف
١١٥ ـ معالم على طريق تحديث الفكر العربي	تأليف : د/ معن زيادة
١١٦ ـ أدب أمريكا اللاتينية (قضايا ومشكلات) القسم الأول	تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد مراجعة : د/ شاكر مصطفى
١١٧ ـ الأحزاب السياسية في العالم الثالث	تأليف : د/ أسامة الغزالي حرب
١١٨ ـ التاريخ النقدي للتخلف	تأليف : د/ رمزي زكي
١١٩ ـ قصيدة وصورة	تأليف : د/ عبدالغفار مكاوي
١٢٠ ـ سيكولوجية اللعب	تأليف : د/ سوزانا ميلر ترجمة : د/ حسن عيسى مراجعة : د/ محمد عماد الدين إسماعيل
١٢١ ـ الدواء من فجر التاريخ إلى اليوم	تأليف : د/ رياض رمضان العلمي
١٢٢ ـ أدب أمريكا اللاتينية (القسم الثاني)	تنسيق وتقديم : سيزار فرناندث مورينو ترجمة : أحمد حسان عبدالواحد مراجعة : د/ شاكر مصطفى
١٢٣ ـ ثقافة الأطفال	تأليف : د/ هادي نعمان الهيتي
١٢٤ ـ مرض القلق	تأليف : د/ دافيد . ف . شيهان ترجمة : د/ عزت شعلان مراجعة : د/ أحمد عبدالعزيز سلامة
١٢٥ ـ طبيعة الحياة	تأليف : فرانسيس كريك ترجمة : د/ أحمد مستجير مراجعة : د/ عبد الحافظ حلمي
١٢٦ ـ اللغات الأجنبية (تعليمها وتعلمها)	تأليف : د/ نايف خرما د/ علي حجاج
١٢٧ ـ اقتصاديات الإسكان	تأليف: د/ إسماعيل إبراهيم درة
١٢٨ ـ المدينة الإسلامية	تأليف : د/ محمد عبدالستار عثمان
١٢٩ ـ الموسيقا الأندلسية المغربية	تأليف: عبدالعزيز بن عبدالجليل
١٣٠ ـ التنبؤ الوراثي	تأليف : د/ زولت هارسيناي ريتشارد هتون ترجمة : د/ مصطفى إبراهيم فهمي مراجعة : د/ مختار الظواهري

١٣١ ـ مقدمة لتاريخ الفكر العلمي في الاسلام	تأليف : د/ أحمد سليم سعيدان
١٣٢ ـ أوروبا والتخلف في أفريقيا	تأليف : د/ والتر رودني ترجمة : د/ أحمد القصير مراجعة : د/ إبراهيم عثمان
١٣٣ ـ العالم المعاصر والصراعات الدولية	تأليف : د/ عبدالخالق عبدالله
١٣٤ ـ العلم في منظوره الجديد	تأليف : روبرت م . اغروس جورج ن . ستانسيو ترجمة : د/ كمال خلايلي
١٣٥ ـ العرب واليونسكو	تأليف : د/ حسن نافعة
١٣٦ ـ اليابانيون	تأليف : إدوين رايشاور ترجمة : ليلى الجبالي مراجعة : شوقي جلال
١٣٧ ـ الاتجاهات التعصبية	تأليف : د/ معتز سيد عبدالله
١٣٨ ـ أدب الرحلات	تأليف : د/ حسين فهيم
١٣٩ ـ المسلمون والاستعمار الاوروبي لأفريقيا	تأليف : عبدالله عبدالرزاق ابراهيم
١٤٠ ـ الانسان بين الجوهر والمظهر (نتملك أو نكون)	تأليف : إريك فروم ترجمة : سعد زهران مراجعة : د/ لطفي فطيم
١٤١ ـ الأدب اللاتيني (ودوره الحضاري)	تأليف : د/ أحمد عتمان
١٤٢ ـ مستقبلنا المشترك	إعداد : اللجنة العالمية للبيئة والتنمية ترجمة : محمد كامل عارف مراجعة : علي حسين حجاج
١٤٣ ـ الريف في الرواية العربية	تأليف : د/ محمد حسن عبدالله
١٤٤ ـ الإبداع العام والخاص	تأليف : الكسندرو روشكا ترجمة : د/ غسان عبدالحي أبو فخر
١٤٥ ـ سيكولوجية اللغة والمرض العقلي	تأليف : د/ جمعة سيد يوسف
١٤٦ ـ حياة الوعي الفني (دراسات في تاريخ الصورة الفنية)	تأليف : غيورغي غانشف ترجمة : د/ نوفل نيوف مراجعة : د/ سعد مصلوح
١٤٧ ـ الرأسمالية تجدد نفسها	تأليف : د/ فؤاد مُرسي

١٤٨ ـ علم الأحياء والأيديولوجيا والطبيعة البشرية — تأليف : ستيفن روز وآخرين
ترجمة : د / مصطفى إبراهيم فهمي
مراجعة : د / محمد عصفور

١٤٩ ـ ماهية الحروب الصليبية — تأليف : د / قاسم عبده قاسم

١٥٠ ـ حاجات الإنسان الأساسية في الوطن العربي «الجوانب البيئية والتكنولوجيات والسياسات» — (برنامج الأمم المتحدة للبيئة)
ترجمة : عبد السلام رضوان

١٥١ ـ تجارة المحيط الهندي في عصر السيادة الإسلامية — تأليف : د / شوقي عبد القوي عثمان

١٥٢ ـ التلوث مشكلة العصر — تأليف : د / أحمد مدحت إسلام

(ظهر هذا العدد في أغسطس ١٩٩٠، وانقطعت السلسلة بسبب العدوان الغاشم، ثم استؤنفت في شهر سبتمبر ١٩٩١ بالعدد ١٥٣)

١٥٣ ـ الكويت والتنمية الثقافية العربية — تأليف : د / محمد حسن عبدالله

١٥٤ ـ النقطة المتحولة : أربعون عاما في استكشاف المسرح — تأليف : بيتر بروك
ترجمة : فاروق عبدالقادر

١٥٥ ـ مؤثرات عربية وإسلامية في الإدب الروسي — تأليف : د / مكارم الغمري

١٥٦ ـ الفصامي : كيف نفهمه ونساعده، دليل للأسرة والأصدقاء — تأليف : سيلفانو آرتي
ترجمة : د / عاطف أحمد

١٥٧ ـ الاستشراق في الفن الرومانسي الفرنسي — تأليف : د/ زينات البيطار

١٥٨ ـ مستقبل النظام العربي بعد ازمة الخليج — تأليف : د/ محمد السيد سعيد

١٥٩ ـ فكرة الزمان عبر التاريخ — ترجمة : فؤاد كامل عبدالعزيز
مراجعة : شوقي جلال

١٦٠ ـ إرتقاء القيم (دراسة نفسية) — تأليف : د/ عبداللطيف محمد خليفة

١٦١ ـ أمراض الفقر (المشكلات الصحية في العالم الثالث) — تأليف : د / فيليب عطية

١٦٢ ـ القومية في موسيقا القرن العشرين — تأليف : د/ سمحة الخولي

١٦٣ ـ أسرار النوم — تأليف : الكسندر بوربلي
ترجمة : د/ أحمد عبدالعزيز سلامة

١٦٤ ـ بلاغة الخطاب وعلم النص — تأليف : د/ صلاح فضل

١٦٥ ـ الفلسفة المعاصرة في أوربا — تأليف : إ.م. بوشنسكي
ترجمة : د/ عزت قرني

١٦٦ـ الأمومة : نمو العلاقات بين الطفل والأم — تأليف : د/ فايز قنطار

١٦٧ـ تاريخ الدراسات العربية في فرنسا — تأليف د/ محمود المقداد



سلسلة عالم المعرفة

عالم المعرفة سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ دولة الكويت ـ وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير عام ١٩٧٨ .

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارىء بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفاً وترجمة :

١ ـ الدراسات الإنسانية : تاريخ ـ فلسفة ـ أدب الرحلات ـ الدراسات الحضارية ـ تاريخ الافكار.

٢ ـ العلوم الاجتماعية : اجتماع ـ اقتصاد ـ سياسة ـ علم نفس ـ جغرافيا ـ تخطيط ـ دراسات استراتيجية ـ مستقبليات .

٣ ـ الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي ـ الآداب العالمية ـ علم اللغة .

٤ ـ الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن ـ المسرح ـ الموسيقا ـ الفنون التشكيلية والفنون الشعبية .

٥ ـ الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم) والدراسات التكنولوجية . أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية فأمر غير وارد في الوقت الحالي .

وتحرص سلسلة عالم المعرفة على ان تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع / المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف دينار كويتي ، وللمترجم مكافأة بمعدل خمسة عشر فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي أو تسعمائة دينار أيهما أكثر بالإضافة إلى مائة وخمسين دينارا كويتياً مقابل تقديم المخطوطة ـ المؤلفة و المترجمة ـ من نسختين مطبوعة على الآلة الكاتبة .





الاشتراك السنوي : وهو مقصور على الفئات التالية :

● المؤسسات والهيئات داخل الكويت	١٠	دنانير كويتية
● المؤسسات والهيئات في الوطن العربي	١٢	ديناراً كويتيا
● المؤسسات والهيئات خارج الوطن العربي	٨٠	دولارا أمريكيا
● الأفراد خارج الوطن العربي	٤٠	دولارا أميركيا

الاشتراكات :

ترسل باسم الأمين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص . ب : ٢٣٩٩٦ الصفاة/ الكويت ـ 13100

برقيا : ثقف ـ تلكس : ٤٤٥٥٤ TLX. NO. 44554 NCCAL

فاكسميلي : ٤٨٧٣٦٩٤



طبع من هذا الكتاب أربعون ألف نسخة



مطابع السياسة ـ الكويت